



TUGAS AKHIR (MO141326)

# ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK LASAN SMAW DAN GMAW PADA PLAT BAJA A36 PADA LINGKUNGAN AIR LAUT, AIR TAWAR, DAN DARAT

Kelvin Oktalda

NRP. 4311 100 105

DOSEN PEMBIMBING

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016



FINAL PROJECT (MO141326)

# COMPARATION ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES ON SMAW AND GMAW WELDING IN A36 STEEL PLATE IN SEAWATER, FRESHWATER, AND TERRESTRIAL ENVIRONMENT

Kelvin Oktalda

Reg. 4311 100 105

SUPERVISOR

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Department of Ocean Engineering  
Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016

**ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK LASAN SMAW DAN  
GMAW PADA PLAT BAJA A36 PADA LINGKUNGAN AIR LAUT, AIR  
TAWAR, DAN DARAT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**KELVIN OKTALDA**

NRP. 4311 100 105

Disetujui oleh :

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

(Pembimbing 1)



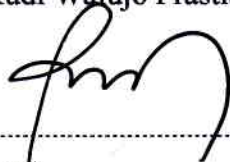
2. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.

(Penguji 1)



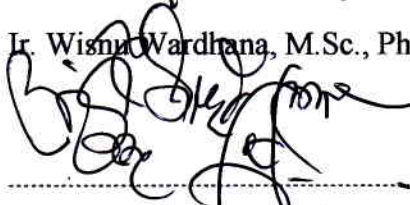
3. Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.Eng.

(Penguji 2)



4. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc., Ph.D.

(Penguji 3)



5. Ir. Murdjito, M.Sc.

(Penguji 4)



SURABAYA, JANUARI 2016

# **ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK LASAN SMAW DAN GMAW PADA PLAT BAJA A36 PADA LINGKUNGAN AIR LAUT, AIR TAWAR, DAN DARAT**

**Nama** : Kelvin Oktalda  
**NRP** : 4311100105  
**Jurusan** : Teknik Kelautan FTK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Perkembangan teknologi zaman sekarang mengalami kemajuan yang sangat pesat, terutama pada teknologi konstruksi dan bangunan. Proses pembuatan konstruksi kapal maupun bangunan lepas pantai tidak lepas dari proses pengelasan dan lambat laun konstruksi tersebut akan mengalami kerusakan. Metode untuk reparasi kapal umumnya sudah banyak dilakukan, berbeda dengan reparasi pada bangunan lepas pantai yang harus ditangani secara khusus. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis proses las dan salinitas terhadap perubahan sifat mekanik *weld joint* material baja pada *underwater welding*. Pengelasan bawah air dilakukan dengan metode SMAW dan GMAW dengan variasi salinitas 0‰ dan 35‰ dan didarat sebagai pembanding. Nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan terbesar terdapat pada GMAW *underwater welding* dibandingkan dengan SMAW *underwater welding* pada salinitas 35‰. Akan tetapi, *elongation*-nya lebih rendah jika dibandingkan dengan salinitas 0‰ dan didarat. Ini ditandai bahwa pengelasan yang dilakukan di lingkungan laut sifat mekaniknya semakin getas dan keras karena proses pendinginan yang cepat. Dari hasil pengamatan struktur makro pada pengelasan SMAW dan GMAW, pada pengelasan bawah air terlihat antar *layer* tidak sempurna satu sama lainnya dan terdapat juga adanya *hydrogen embrittlement* dan *porosity* akibat proses disosiasi air selama pengelasan. Sedangkan dari hasil pengamatan struktur mikro pada pengelasan SMAW dan GMAW, terlihat bahwa fase *pearlit* pada lingkungan laut dengan salinitas 35‰ lebih banyak jika dibandingkan dengan pengelasan yang dilakukan di air tawar dan didarat.

**Kata Kunci** : GMAW, Las Bawah Air, Sifat Mekanik, SMAW

# **COMPARATION ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES ON SMAW AND GMAW WELDING IN A36 STEEL PLATE IN SEAWATER, FRESHWATER, AND TERRESTRIAL ENVIRONMENT**

**Name** : Kelvin Oktalda  
**Reg. Number** : 4311100105  
**Department** : Ocean Engineering - ITS  
**Supervisor** : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRACT**

Technological developments nowadays is progressing very rapidly, particularly on construction technology and building. The process of ship construction manufacture as well as offshore structure can not be separated from welding process and sooner or later the construction will have breakage. The ship repairation method has been done daily, differ from offshore structure repairation which must be handled specifically. Hence, this research aim to know the effect of weld process type and the salinity towards the change of mechanical properties weld joint steel material on underwater welding. Underwater welding conducted with SMAW and GMAW method with salinity variation 0‰ and 35‰ and ashore as comparation. The tensile strength value and the biggest hardness value could be found on GMAW underwater welding compared to SMAW underwater welding on 35‰ salinity. However, the elongation is lower when it compared to 0‰ salinity and ashore. It could be known from the conducted welding at marine environment is the mechanic properties more brittle and stronger because of the rapid cooling process. From the observation of macro structures in welding of SMAW and GMAW, from underwater welding visible on inter-layer imperfect one another and could be seen the presence of hydrogen embrittlement and porosity which caused by water dissociation process while welding. Whereas from the observation of micro structures on welding of SMAW and GMAW, could be seen that martensitic phase on marine environment with 35‰ salinity is more than the conducted welding on the freshwater and ashore.

**Keywords** : GMAW, Underwater Welding, Mechanical Properties, SMAW

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan dengan baik. Judul yang diambil penulis pada Tugas Akhir ini adalah **“Analisis Perbandingan Sifat Mekanik Lasan SMAW dan GMAW pada Plat Baja A36 pada Lingkungan Air Laut, Air Tawar, dan Darat”**.

Tugas Akhir ini dikerjakan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tujuan akhir dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu untuk mengetahui dan membandingkan hasil pengelasan mana yang lebih baik antara SMAW dan GMAW yang dilakukan pada lingkungan air laut, air tawar, dan darat pada plat baja A36.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih belum sempurna, oleh karena itu masukan dalam bentuk saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun sangat penulis harapkan sebagai penyempurnaan untuk penulisan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan dalam bidang teknik kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2016

Kelvin Oktalda

## UCAPAN TERIMA KASIH

Banyak pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini baik itu secara moral maupun material sehingga Tugas Akhir ini dapat dikerjakan dan diselesaikan dengan lancar. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT., Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan ridho dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orangtua penulis tercinta, Bapak Dela Ponandar dan Ibu Lilis Suharti, yang telah memberikan dukungan moral maupun moril kepada penulis yang tiada hentinya agar diberi kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing I penulis yang telah sabar membimbing dan meluangkan waktunya hingga tugas akhir ini selesai, terimakasih atas ilmu dan waktunya.
4. Bapak Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen wali penulis selama 4 tahun ini, terima kasih atas bimbingan, nasehat serta kesabarannya.
5. Adik-adik kandung penulis, Maudy Ludmilla dan Nasya Zuniga, yang tidak pernah lelah untuk memberi motivasi dan semangat kepada penulis ketika sedang suntuk.
6. Keluarga besar saudaraku The Trident L29 – P51 angkatan 2011, terima kasih telah mengisi masa-masa perkuliahan ini dalam suka maupun duka.
7. Bapak Rudi Walujo selaku Kajur Teknik Kelautan, semua Bapak dan Ibu dosen serta staf maupun karyawan Jurusan Teknik Kelautan, terimakasih atas segala ilmu dan bantuannya selama ini.
8. Teman – teman satu dosen pembimbing Pak Herman, Fahmy dan Choirul, yang selalu menemani ketika asistensi.
9. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terima kasih atas semua bantuan yang diberikan, semoga mendapat barokah dan balasan pahala dari Allah SWT.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Batasan Masalah .....	3
1.6. Sistematika Laporan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1. Tinjauan pustaka .....	7
2.2. Dasar Teori .....	7
2.2.1. Definisi Pengelasan Bawah Air .....	7
2.2.2. <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW) .....	8
2.2.2.1. Wet Welding SMAW ( <i>Shielded Metal Arc Welding</i> ).....	9
2.2.3. Gas Metal Arc Welding (GMAW) .....	10
2.2.4. Jenis Elektroda Pengelasan .....	12
2.2.5. Parameter Pengelasan .....	13
2.2.5.1. Arus Listrik.....	13



2.2.5.2. Tegangan Pengelasan .....	13
2.2.5.3. Kecepatan Pengelasan .....	14
2.2.5.4. Diameter Kawat Fluks .....	14
2.2.5.5. Ketebalan Lapisan Fluks .....	14
2.2.6. Plat ASTM A36 dan Komposisi Kimia .....	14
2.2.7. Sifat Mekanik Plat ASTM A36 .....	15
2.2.8. Kampuh V .....	18
2.2.9. Jenis Sambungan Las .....	19
2.2.10. Larutan Media Uji (Pengganti Air Laut) .....	20
2.2.11. Kecepatan Pendinginan .....	21
2.2.12. Pengujian NDT <i>Radiography</i> .....	22
2.2.13. Pengujian Tarik .....	23
2.2.14. Pengujian Kekerasan Vickers .....	24
2.2.15. Pengujian Metalografi .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1. Metode Penelitian .....	27
3.1.1. Skema Diagram Alir .....	27
3.2. Penjelasan Diagram Alir .....	28
<b>BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1. Data Hasil Pengelasan .....	43
4.1.1. Data Hasil Pengelasan Jenis SMAW .....	43
4.1.2. Data Hasil Pengelasan Jenis GMAW .....	44
4.2. Visualisasi Hasil Pengelasan .....	45
4.2.1. Visualisasi Hasil Pengelasan Jenis SMAW .....	45
4.2.2. Visualisasi Hasil Pengelasan Jenis GMAW .....	46
4.3. Pengujian Tarik .....	47
4.3.1. Hasil Pengujian Tarik pada Pengelasan SMAW .....	47
4.3.2. Hasil Pengujian Tarik pada Pengelasan GMAW .....	50
4.3.3. Perbandingan Hasil Pengujian Tarik Pengelasan SMAW dan GMAW .....	53
4.4. Pengujian Kekerasan .....	54

4.4.1. Hasil Uji Kekerasan pada Pengelasan SMAW .....	54
4.4.2. Hasil Uji Kekerasan pada Pengelasan GMAW .....	57
4.4.3. Perbandingan Kekerasan pada Pengelasan SMAW dan GMAW .....	59
4.5. Pengamatan Struktur Makro .....	60
4.5.1. Pengamatan Struktur Makro SMAW .....	60
4.5.2. Pengamatan Struktur Makro GMAW .....	62
4.6. Pengamatan Struktur Mikro SMAW .....	63
4.6.1. Struktur Mikro pada Pengelasan SMAW di Darat .....	63
4.6.2. Struktur Mikro pada Pengelasan SMAW di Salinitas 0‰ dan Salinitas 35‰ .....	64
4.7. Pengamatan Struktur Mikro GMAW .....	66
4.7.1. Struktur Mikro pada Pengelasan GMAW di Darat .....	66
4.7.2. Struktur Mikro pada Pengelasan GMAW di Salinitas 0‰ dan Salinitas 35‰ .....	66
4.8. Perhitungan Struktur Mikro .....	67
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
5.1. Kesimpulan .....	71
5.2. Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA PENULIS</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b>	Spesifikasi Elektroda Pengelasan .....	13
<b>Tabel 2.2.</b>	<i>Chemical Requirement</i> ASTM A36 .....	15
<b>Tabel 2.3.</b>	<i>Tensile Requirements</i> .....	18
<b>Tabel 2.4.</b>	Komposisi Kimia Pengganti Air Laut <sup>A,B</sup> .....	20
<b>Tabel 3.1.</b>	Komposisi Kimia Pengganti Air Laut <sup>A,B</sup> .....	30
<b>Tabel 4.1.</b>	Set Parameter Pengelasan SMAW .....	43
<b>Tabel 4.2.</b>	Set Parameter Pengelasan GMAW .....	44
<b>Tabel 4.3.</b>	Hasil Uji Tarik Pengelasan SMAW di Darat .....	47
<b>Tabel 4.4.</b>	Hasil Uji Tarik Pengelasan SMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰) .....	47
<b>Tabel 4.5.</b>	Hasil Uji Tarik Pengelasan SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰) .....	48
<b>Tabel 4.6.</b>	Hasil Uji Tarik Rata-rata Pengelasan SMAW .....	48
<b>Tabel 4.7.</b>	<i>Elongation</i> pada Pengelasan SMAW .....	49
<b>Tabel 4.8.</b>	Hasil Uji Tarik Pengelasan GMAW di Darat .....	50
<b>Tabel 4.9.</b>	Hasil Uji Tarik Pengelasan GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰) .....	50
<b>Tabel 4.10.</b>	Hasil Uji Tarik Pengelasan GMAW di Air Laut (Salinitas 35‰) .....	50
<b>Tabel 4.11.</b>	Hasil Uji Tarik Rata-rata Pengelasan GMAW .....	51
<b>Tabel 4.12.</b>	<i>Elongation</i> pada Pengelasan GMAW .....	51
<b>Tabel 4.13.</b>	Perbandingan Kekuatan Tarik pada Pengelasan SMAW dan GMAW .....	53
<b>Tabel 4.14.</b>	Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW .....	56
<b>Tabel 4.15.</b>	Distribusi Kekerasan pada Pengelasan GMAW .....	58
<b>Tabel 4.16.</b>	Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW dan GMAW .....	59
<b>Tabel 4.17.</b>	Hasil Perhitungan Butir Rata-rata .....	68

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b>	Pengelasan Bawah Air pada Struktur yang Mengalami Kerusakan.....	2
<b>Gambar 2.1.</b>	Skema Proses SMAW.....	9
<b>Gambar 2.2.</b>	Rangkaian Pengelasan SMAW.....	9
<b>Gambar 2.3.</b>	Cara Kerja Pengelasan GMAW .....	11
<b>Gambar 2.4.</b>	Rangkaian Pengelasan GMAW.....	11
<b>Gambar 2.5.</b>	Diagram Tegangan Regangan.....	16
<b>Gambar 2.6.</b>	Penentuan <i>Yield</i> dengan Metode Offset.....	17
<b>Gambar 2.7.</b>	Jenis Sambungan Las .....	19
<b>Gambar 2.8.</b>	Diagram TTT ( <i>Time-Temperature-Transformation</i> ) untuk Baja <i>Hypoeutectoid</i> .....	21
<b>Gambar 2.9.</b>	Indentor Uji Vickers.....	25
<b>Gambar 3.1.</b>	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	28
<b>Gambar 3.2.</b>	Persiapan Material Uji.....	29
<b>Gambar 3.3.</b>	Material Uji Setelah di Beveling.....	32
<b>Gambar 3.4.</b>	Sebelum Pengelasan Material Uji di Gerinda.....	32
<b>Gambar 3.5.</b>	Elektroda E6013 RB 26.....	33
<b>Gambar 3.6.</b>	Elektroda ER 70S-6.....	35
<b>Gambar 3.7.</b>	Bentuk Material Uji Tarik.....	37
<b>Gambar 3.8.</b>	Spesimen Metalografi.....	38
<b>Gambar 3.9.</b>	Pelaksanaan Uji Tarik.....	39
<b>Gambar 3.10.</b>	Alat Uji Kekerasan Vickers.....	40
<b>Gambar 3.11.</b>	Titik Uji Kekerasan.....	40
<b>Gambar 3.12.</b>	Pelaksanaan Pengamatan Struktur Makro.....	41
<b>Gambar 3.13.</b>	Titik Pengambilan Foto Mikro .....	41
<b>Gambar 3.14.</b>	Alat Uji Struktur Mikro.....	42
<b>Gambar 4.1.</b>	Hasil Pengelasan SMAW di Darat.....	45
<b>Gambar 4.2.</b>	Hasil Pengelasan SMAW di Lingkungan Air Tawar (Salinitas 0‰)....	45
<b>Gambar 4.3.</b>	Hasil Pengelasan SMAW di Lingkungan Air Laut (Salinitas 35‰)....	45
<b>Gambar 4.4.</b>	Hasil Pengelasan GMAW di Darat.....	46

<b>Gambar 4.5.</b>	Hasil Pengelasan GMAW di Lingkungan Air Tawar (Salinitas 0‰)	46
<b>Gambar 4.6.</b>	Hasil Pengelasan GMAW di Lingkungan Air Laut (Salinitas 35‰)	46
<b>Gambar 4.7.</b>	Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Rata-rata pada SMAW	48
<b>Gambar 4.8.</b>	Grafik Perbandingan <i>Elongation</i> pada SMAW	49
<b>Gambar 4.9.</b>	Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Rata-rata pada GMAW	51
<b>Gambar 4.10.</b>	Grafik Perbandingan <i>Elongation</i> pada GMAW	52
<b>Gambar 4.11.</b>	Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik pada Pengelasan SMAW dan GMAW	53
<b>Gambar 4.12.</b>	Daerah Pengujian Kekerasan	54
<b>Gambar 4.13.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW di Darat	54
<b>Gambar 4.14.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)	55
<b>Gambar 4.15.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)	55
<b>Gambar 4.16.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW	56
<b>Gambar 4.17.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan GMAW di Darat	57
<b>Gambar 4.18.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)	57
<b>Gambar 4.19.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan GMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)	58
<b>Gambar 4.20.</b>	Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan GMAW	58
<b>Gambar 4.21.</b>	Grafik Perbandingan Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW dan GMAW	59
<b>Gambar 4.22.</b>	Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Darat	60
<b>Gambar 4.23.</b>	Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)	61
<b>Gambar 4.24.</b>	Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)	61
<b>Gambar 4.25.</b>	Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Darat	62
<b>Gambar 4.26.</b>	Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)	62

<b>Gambar 4.27.</b> Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Air Laut (Salinitas 35‰).....	63
<b>Gambar 4.28.</b> Titik Pengambilan Struktur Mikro.....	63
<b>Gambar 4.29.</b> Foto Struktur Mikro Daerah <i>Weld</i> Pengelasan SMAW di Darat.....	64
<b>Gambar 4.30.</b> Foto Struktur Mikro daerah <i>weld</i> Pengelasan SMAW di Salinitas 0‰ (Air Tawar).....	64
<b>Gambar 4.31.</b> Foto Struktur Mikro Daerah <i>Weld</i> Pengelasan SMAW di Salinitas 35‰ (Air Laut).....	65
<b>Gambar 4.32.</b> Foto Struktur Mikro Daerah <i>Weld</i> Pengelasan GMAW di Darat.....	66
<b>Gambar 4.33.</b> Foto Struktur Mikro Daerah <i>Weld</i> Pengelasan GMAW di Salinitas 0‰ (Air Tawar).....	66
<b>Gambar 4.34.</b> Foto Struktur Mikro Daerah <i>Weld</i> Pengelasan GMAW di Salinitas 35‰ (Air Laut).....	67
<b>Gambar 4.35.</b> Pemotongan Gambar Untuk Perhitungan Butir Fase Struktur.....	68
<b>Gambar 4.36.</b> Grafik Perbandingan Jumlah Butir Rata-rata pada Setiap Pengelasan yang Berbeda.....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : Data Hasil Uji Tarik
- LAMPIRAN B : Data Hasil Uji Kekerasan *Vickers*
- LAMPIRAN C : Data Hasil Pengamatan Struktur Makro
- LAMPIRAN D : Data Hasil Perhitungan Prosentase Struktur Mikro
- LAMPIRAN E : Peralatan Penelitian
- LAMPIRAN F : *Welding Procedure Specification* (WPS), Hasil Uji Salinitas,  
dan Hasil Uji NDT *Radiography*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Perkembangan teknologi zaman sekarang mengalami kemajuan yang sangat pesat, terutama pada teknologi konstruksi dan bangunan. Umumnya konstruksi bangunan terbuat dari besi dan baja walaupun dari aluminium juga ada, seperti halnya pada industri perkapalan (*marine vessel*) dan industri lepas pantai (*offshore industry*). Proses pembuatan konstruksi kapal maupun bangunan lepas pantai tidak lepas dari proses pengelasan, seperti pembuatan *jacket*, kapal, pipa penyalur, dan sebagainya. Pengelasan tidak hanya sebatas didarat saja, didalam air pun pengelasan dapat dilakukan. Biasanya metode pengelasan digunakan dalam proses pembuatan atau reparasi barang yang terbuat dari logam. Umumnya bangunan lepas pantai dirancang untuk beroperasi sekitar 20 tahun. Namun demikian, selama bangunan tersebut beroperasi tidak menutup kemungkinan akan mengalami kerusakan pada struktur. Apabila kerusakan yang terjadi diatas permukaan air mungkin masih bisa untuk diatasi, tetapi apabila kerusakan yang terjadi dibawah permukaan air, maka diperlukan teknologi bawah air dengan penanganan secara khusus. Dengan demikian tuntutan keanekaragaman proses las yang sesuai dengan *standard specification*, baik untuk keperluan konstruksi maupun reparasi harus dipenuhi (Musaikan, 2002).

Pada industri perkapalan, perawatan dan reparasi kapal dilakukan di *dry dock*. Namun, ini tidak berlaku untuk bangunan lepas pantai (seperti jenis *fixed*), maka dari itu proses reparasi harus dilakukan ditempat *fixed* tersebut berada. Hal ini menyebabkan pekerjaan bawah air menjadi hal yang teramat penting (Joshi, 2000).





**Gambar 1.1** Pengelasan Bawah Air pada Struktur yang Mengalami Kerusakan  
([www.diversinstitute.edu](http://www.diversinstitute.edu))

Muvidah (2008) dalam tugas akhirnya telah menganalisis kekuatan mekanik pada *weld joint* material baja pada *underwater welding* dilingkungan laut dengan proses pengelasan SMAW dan FCAW. Muvidah melakukan penelitian pada material baja ASTM 36 dan dilas di air laut dengan salinitas 33‰ dan 37‰. Melalui Tugas akhir ini akan dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sifat *weld joint* material plat baja A36 dengan metode pengelasan SMAW dan GMAW yang akan dilakukan pada lingkungan air laut pada salinitas 35 ‰, air tawar, dan darat. Diharapkan dapat memberikan informasi pada dunia industri dan pendidikan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang menjadi kajian dalam Tugas Akhir ini antara lain:

- a. Membandingkan kekuatan tarik *weld joint* material plat baja A36 yang dilas dengan proses SMAW dan GMAW pada lingkungan air laut, air tawar, dan darat.
- b. Membandingkan kekerasan *weld joint* material plat baja A36 yang dilas dengan proses SMAW dan GMAW pada lingkungan air laut, air tawar, dan darat.
- c. Membandingkan hasil pengamatan metalografi *weld joint* material plat baja A36 yang dilas dengan proses SMAW dan GMAW pada lingkungan air laut, air tawar, dan darat.

### 1.3. Tujuan

Dari perumusan masalah di atas, secara rinci tujuan penelitian ini antara lain:

- a. Untuk mengetahui dan membandingkan kekuatan tarik *weld joint* material plat baja A36 yang dilas dengan proses SMAW dan GMAW pada lingkungan air laut, air tawar, dan darat.
- b. Untuk mengetahui dan membandingkan kekerasan *weld joint* material plat baja A36 yang dilas dengan proses SMAW dan GMAW pada lingkungan air laut, air tawar, dan darat.
- c. Untuk mengetahui dan membandingkan hasil pengamatan metalografi *weld joint* material plat baja A36 yang dilas dengan proses SMAW dan GMAW pada lingkungan air laut, air tawar, dan darat.

### 1.4. Manfaat Penelitian

- a. Memberikan informasi tentang pengaruh *underwater welding* dilingkungan laut terhadap sifat mekanik *weld joint* material plat baja A36 dengan proses pengelasan SMAW dan GMAW di air tawar dan darat sebagai pembandingan.
- b. Menunjang penelitian-penelitian lain lebih lanjut tentang pekerjaan las bawah air yang bermanfaat bagi dunia pendidikan maupun dunia industri di kemudian hari.

### 1.5. Batasan Masalah

- a. Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) *wet welding* dengan elektroda AWS E-6013 yang dilapisi lilin (*waterproof*) dan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dengan elektroda E70s-6
- b. Material yang diuji adalah plat baja A36 dengan panjang 200 mm, lebar 150 mm, dan tebal 10 mm.
- c. Pengelasan dilakukan dengan posisi datar 1G dan jenis sambungannya ialah *single V butt joint*.
- d. Pengelasan dilakukan tanpa adanya *pre heating* dan *post heating*.
- e. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik, uji kekerasan, dan pengamatan metalografi.

- f. Pengelasan dilingkungan laut dilakukan pada salinitas 0<sup>0</sup>/<sub>00</sub> dan 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub> dengan larutan pengganti air laut sesuai standar ASTM D1141-98.
- g. Temperatur ruangan diabaikan.
- h. Tekanan akibat perubahan kedalaman diabaikan.
- i. *Welder (Human error)* diabaikan karena pengelasan yang dilakukan tidak akan pernah sama seperti pengelasan sebelumnya.
- j. Pengelasan dilakukan di laboratorium PPNS ITS.
- k. Pengelasan dilaukan berdasar WPS (*Welding Procedure Specification*) dan WPQ (*Welding Procedure Qualification*).

## **1.6. Sistematika Laporan**

Sistem Penulisan Tugas Akhir meliputi :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir, manfaat yang diperoleh, ruang lingkup penelitian untuk membatasi analisis yang dilakukan dalam tugas akhir, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan laporan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang pengelasan plat baja A36 yang pernah dilakukan, teori pengelasan dan sifat mekanik.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang alur pengerjaan tugas akhir ini dengan tujuan untuk memecahkan masalah yang diangkat dalam bentuk diagram alir atau *flow chart* yang disusun secara sistematis yang dilengkapi pula dengan data penelitian serta penjelasan detail untuk setiap langkah pengerjaannya.

#### **BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan mengenai dua proses pengelasan yang dilakukan pada tiga kondisi lingkungan yang berbeda serta mengetahui sifat mekanik dari proses pengelasan yang dilakukan.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis serta saran yang bermanfaat guna keberlanjutan penelitian terkait kedepannya.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Proses pengelasan (welding) merupakan salah satu proses penyambungan material (*material joining*). Adapun untuk definisi dari proses pengelasan yang mengacu pada AWS (*American Welding Society*), proses pengelasan adalah proses penyambungan antara metal atau non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan tertentu, dengan atau tanpa penekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. Mengingat kegunaannya yang sangat penting dalam system penyambungan berbagai benda padat/logam, maka teknologi pengelasan selalu mengalami pembaharuan dan perkembangan (Widharto, 2001).

Meskipun dalam metode proses pengelasan tidak hanya berupa proses penyambungan, tetapi juga bisa berupa proses pemotongan dan *brazing*. Proses pengelasan, pada dasarnya memiliki lima macam sambungan, yaitu: *butt joint*, *T joint*, *lap joint*, *corner joint*, dan *edge joint*. Sambungan-sambungan tersebut memiliki karakteristik sendiri-sendiri tergantung kondisi material yang dikerjakan. Sedangkan untuk posisi pengelasan ada beberapa jenis, yaitu: *flat*, *horizontal*, *vertical*, dan *overhead* (ASME section IX, 2001).

#### **2.2. Dasar Teori**

##### **2.2.1. Definisi Pengelasan Bawah Air**

Teknologi pengelasan basah bawah air (*Underwater Welding*) adalah pengelasan yang dilakukan di bawah air, umumnya laut. Sering sekali digunakan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi pada badan kapal dan perbaikan struktur kapal, konstruksi pipa air, konstruksi pipa minyak dan gas, konstruksi jembatan di atas air maupun konstruksi rig atau pengeboran lepas pantai, bangunan lepas pantai serta konstruksi lainnya yang terendam air.

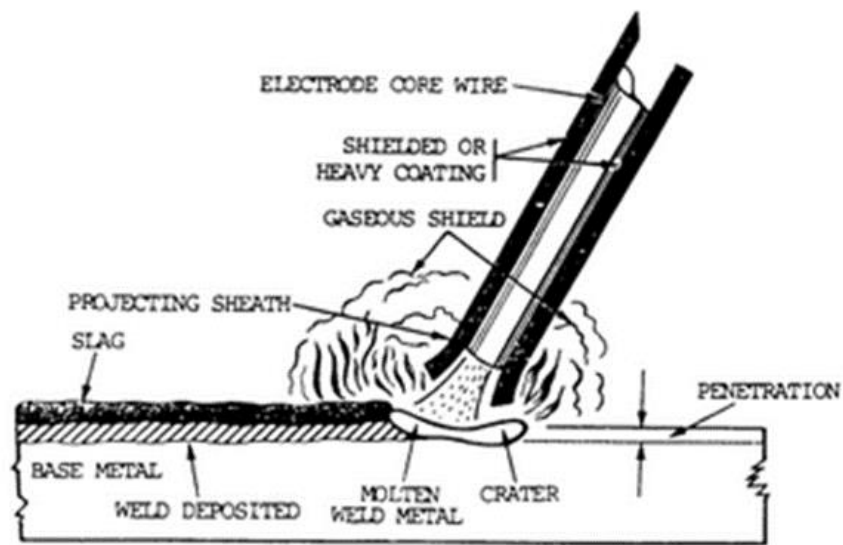
Pada pelaksanaannya, pengelasan di permukaan air masih merupakan prioritas utama sedangkan pengelasan bawah air adalah alternatif lain yang dipilih bilamana tidak memungkinkan untuk dikerjakan di permukaan air. Ada beberapa keuntungan yang didapat dari teknik las dalam air ini, diantaranya adalah biaya yang relatif lebih murah dan persiapan yang dibutuhkan jauh lebih singkat dibanding dengan teknik yang lain.

Metode perbaikan akan dibutuhkan seperti pengelasan bawah air (*underwater welding*).

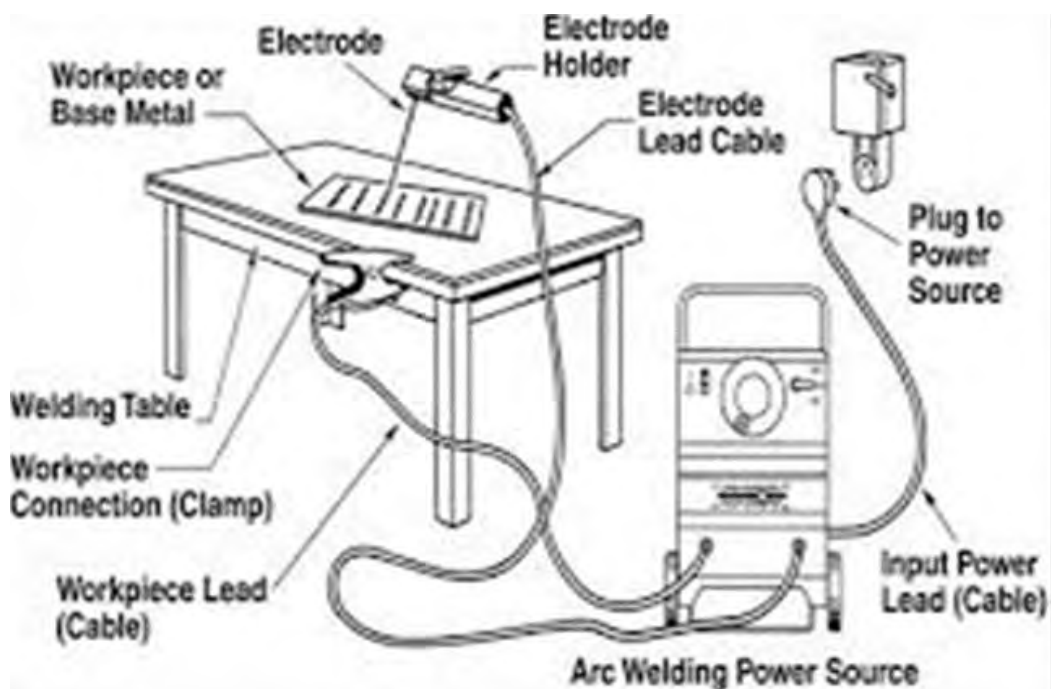
### **2.2.2. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)**

SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang juga disebut Las Busur Listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (bahan pengisi). Panas tersebut dihasilkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas).

Proses terjadinya pengelasan ini karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek, saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (*welder*) harus menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lonjakan ion yang menimbulkan panas. Berikut adalah gambar mengenai pengelasan SMAW, **Gambar 2.1** skema proses SMAW dan **Gambar 2.2** rangkaian dari pengelasan SMAW.



**Gambar 2.1** Skema Proses SMAW (U.S. Navy, 2002)



**Gambar 2.2** Rangkaian Pengelasan SMAW (Wirjosumarto, 1996)

#### **2.2.2.1. Wet Welding SMAW (Shielded Metal Arc Welding)**

*Wet welding* adalah pengelasan bawah air yang dilakukan secara langsung tanpa adanya perekayasaan kondisi lingkungan air disekitar lokasi pengelasan. Teknik yang sering digunakan dalam *wet welding* adalah SMAW (yang juga biasa disebut dengan nama *stick welding*). Elektroda yang digunakan adalah biasanya AWS



(*American Welding Society*) E 6013 dengan pelapis yang bersifat *waterproof* (Feelus, 2000).

Berikut adalah keuntungan SMAW *wet welding* menurut Joshi (2000), yaitu:

- a. Serbaguna dan rendah biaya, menyebabkan metode ini banyak dipakai.
- b. Biaya lebih murah dibandingkan dengan *dry welding*.
- c. Pengoperasiaannya mudah dipindahkan.
- d. Welder dapat meraih lebih banyak bagian pada offshore platform dibandingkan dengan menggunakan metode lain.

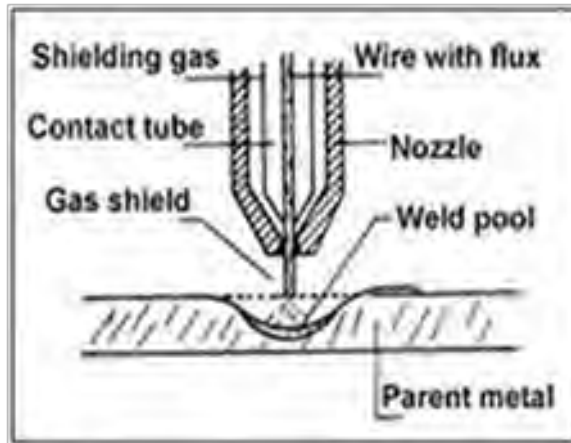
Sedangkan berikut ini adalah kelemahan menggunakan SMAW *wet welding*, yaitu:

- a. *Hydrogen embrittlement* terjadi sebagai bentuk disosiasi air pada daerah penyalan busur. Disamping itu, *wet welding* dapat menyebabkan *crack* and *microscopic fissures* (belahan mikroskopis). *Crack* yang merambat dapat menyebabkan *catastrophic failure* pada struktur.
- b. Kelemahan yang lainnya adalah *poor visibility*.

### **2.2.3. Gas Metal Arc Welding (GMAW)**

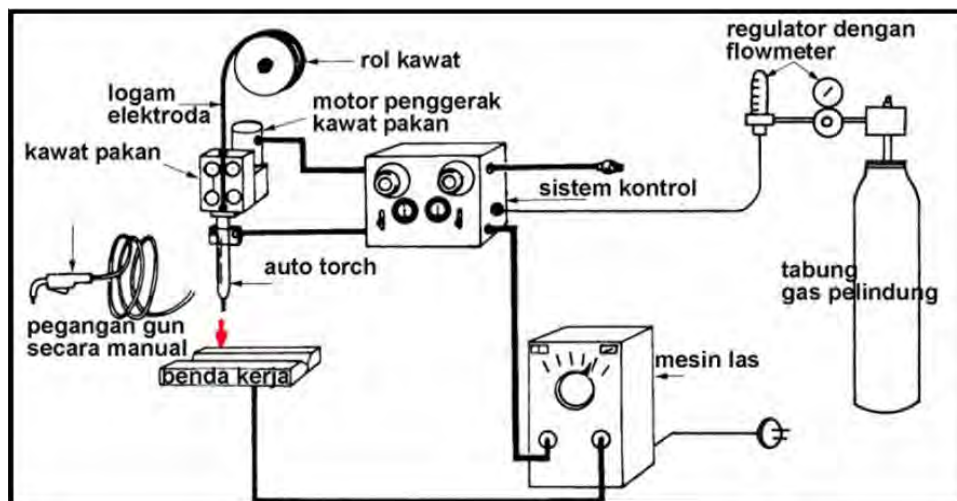
Proses GMAW ialah salah satu jenis proses pengelasan yang menggunakan busur api listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam dan gas sebagai pelindung proses. Selain untuk membangkitkan busur elektroda juga berfungsi sebagai bahan pengisi (umpan) oleh karenanya termasuk las busur listrik elektroda terumpan.

Jika gas pelindung yang dipakai adalah gas mulia (inert gas), argon misalnya, proses sering disebut MIG. Pada proses yang menggunakan gas campuran, batas sebutan MIG adalah pada penggunaan gas mulia 85% atau lebih. Pengelasan GMAW merupakan salah satu jenis las listrik yang proses kerjanya memasok filler elektroda atau kawat las secara mekanis terus menerus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Cara Kerja Pengelasan GMAW

Kawat las atau elektroda yang digunakan untuk pengelasan GMAW terbuat dari logam tipis yang digulung *cylindrical* yang berbentuk solid sesuai dengan kegunaannya. Proses pengelasan GMAW ini sebenarnya sama dengan pengelasan FCAW, namun yang membedakannya adalah kawat las atau elektrodanya yang berbentuk tubular yang berisi solid sedangkan FCAW berbentuk flux. Berikut Gambar 2.4 yang merupakan rangkaian dari pengelasan GMAW.



**Gambar 2.4** Rangkaian Pengelasan GMAW (Bradley, 2000)

Berikut adalah keuntungan dengan menggunakan proses las GMAW, sebagai berikut:

- a. Efisiensi tinggi dan proses pengerjaannya cepat.
- b. Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan (*welding position*).
- c. Tidak menghasilkan *slag* atau kerak, layaknya yang terjadi pada las SMAW.
- d. Memiliki jumlah deposit (*deposition rates*) yang lebih tinggi dibandingkan SMAW.
- e. Proses pengelasan GMAW sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi.
- f. Membutuhkan sedikit pembersihan setelah pengelasan

Sedangkan berikut ini adalah kelemahan menggunakan GMAW, yaitu:

- a. *Wire-feeder* memerlukan pengontrolan yang *continuo*.
- b. Sewaktu-waktu dapat terjadi *Bumback*
- c. Cacat las porosity/lubang-lubang kecil sering terjadi akibat penggunaan gas pelindung yang kualitasnya tidak baik.

#### 2.2.4. Jenis Elektoda Pengelasan

Elektroda yang ada di pasaran biasanya dibungkus dengan campuran bahan-bahan fluks yang tergantung dari penggunaannya. Walaupun jenis elektroda sangat banyak jumlahnya, tetapi secara garis besar dapat digolongkan dalam kelas-kelas berikut yang pembagiannya didasarkan atas fluks yang membungkusnya. [Wiryosumarto, 1996] Jenis-jenis elektroda diklasifikasikan oleh beberapa standar, dan yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar AWS A5.1 (*American Welding Society*). Menurut AWS klasifikasi elektroda dengan baja lunak untuk busur las listrik mempunyai kode E XXYZ, dimana :

E	: Elektroda busur listrik
XX	: Kekuatan tarik
Y	: Posisi pengelasan
Z	: Jenis arus pengelasan

Dalam penelitian ini elektroda yang dipakai adalah E6013. Dengan data sesuai AWS A5.1 yang disebutkan pada **Tabel 2.1**, yaitu :

**Tabel 2.1** Spesifikasi Elektroda Pengelasan

Sumber : AWS A5.1

Klasifikasi AWS	Jenis Pelapis Elektroda	Tensile Strength Requirement	
		ksi	MPa
E6013	High Titania Potasium	60	414

Walaupun kawat las jenis ini dapat dipakai mengelas untuk semua posisi, namun posisi terbaiknya adalah posisi 1G (datar) dan 2G (*horizontal*), sedangkan untuk posisi 3G (*vertical*) atau 4G (*over head*), kawat las ini jarang digunakan. Pengelasan dengan E-6013 mudah dikendalikan serta bentuk kampuh las baik, walaupun arus las tinggi. Hasil pengelasannya mempunyai rigi-rigi las yang cembung (*convex*) dan jarang menimbulkan percikan (*spatter*). Kawat las ini dapat dipakai dengan baik pada baja paduan rendah (Giachino, 1976).

#### **2.2.5. Parameter Pengelasan**

##### **2.2.5.1. Arus Listrik**

Penggunaan arus yang terlalu tinggi akan menyebabkan penetrasi atau fusi terlalu besar yang kadang-kadang menyebabkan jebolnya sambungan las dan daerah terpengaruh panas akan lebih besar juga. Bila penggunaan arus terlalu kecil akan menyebabkan penetrasi dangkal.

##### **2.2.5.2. Tegangan Pengelasan**

Tegangan pengelasan akan menentukan bentuk fusi dan reinforcement. Pertambahan tegangan akan membuat lebar las bertambah rata, lebar dan penggunaan Fluksnya bertambah besar pula. Tegangan yang terlalu tinggi akan merusak penutupan logam las oleh cairan Fluks yang dapat memberikan peluang udara luar berhubungan dan menyebabkan terjadinya porositas.

#### **2.2.5.3. Kecepatan Pengelasan**

Kecepatan pengelasan adalah suatu variasi yang sangat penting dalam proses SAW karena akan menentukan jumlah produk pengelasan dan metallurgi lasnya. Penambahan kecepatan pengelasan pada sambungan fillet mempersingkat waktu, tetapi pada pengelasan sambungan tumpul yang beralur hanya kecil mempersingkat waktu. Karena pada sambungan beralur jumlah deposit adalah variabel untuk waktu pengelasan. Penambahan kecepatan pengelasan akan mengurangi masukan panas pada proses pengelasan.

#### **2.2.5.4. Diameter Kawat Fluks**

Pengurangan diameter kawat elektroda dalam ini tanpa merubah parameter lainnya akan memperbesar tekanan busur, yang berarti penetrasi akan semakin dalam dan lebar deposit semakin berkurang.

#### **2.2.5.5. Ketebalan Lapisan Fluks**

Ketebalan lapisan Fluks yang digunakan dalam pengelasan proses SAW juga mempengaruhi bentuk dan kedalaman penetrasi pengelasan. Bila lapisan Fluks terlalu tipis maka arus akan tidak tertutup dan hasil lasan akan retak atau poros. Bila lapisan Fluks terlalu tebal maka akan menghasilkan reinforcement terlalu tinggi.

#### **2.2.6. Plat ASTM A36 dan Komposisi Kimia**

Untuk penelitian ini baja yang digunakan adalah plat ASTM A36. Plat ASTM A36 termasuk dalam golongan baja karbon rendah. Plat ASTM A36 didalam industri kelautan digunakan untuk struktur deck platform. Untuk pipa ASTM A36 sering dipakai untuk pembuatan pipa transmisi minyak dan gas tekanan rendah.. Plat baja ASTM A36 mempunyai komposisi material,dan *mechanic property* yang ditunjukkan pada **Tabel 2.2** dibawah berikut:

**Tabel 2.2** Chemical Requirement ASTM A36  
(Sumber ASTM A36 – 04)

Product	Shapes <sup>A</sup>	Plates <sup>B</sup>				
Thickness, in [mm]	All	To $\frac{3}{4}$ [20] Inch	Over $\frac{3}{4}$ To $1\frac{1}{2}$ [20 to 40] inch	Over $1\frac{1}{2}$ To $2\frac{1}{2}$ [40 to 65] inch	Over $2\frac{1}{2}$ To 4 [65 to 100] inch	Over 4 [100]
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganese, %	....	....	0.8-1.20	0.8-1.20	0.85-1.20	0.85-1.20
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40
Cooper, min, % when copper steel is	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Specified						

Product	Shapes <sup>A</sup>	Bars <sup>B</sup>			
Thickness, in [mm]	All	To $\frac{3}{4}$ [20] incl	Over $\frac{3}{4}$ To $1\frac{1}{2}$ [20 to 40] Incl	Over $1\frac{1}{2}$ To 4 [100] incl	Over 4 [100]
Carbon, max, %	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	....	....	0.06-0.90	0.06-0.90	0.06-0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15-0.40	0.15-0.40
Cooper, min, % when copper steel is	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Specified					

### 2.2.7. Sifat Mekanik Plat ASTM A36

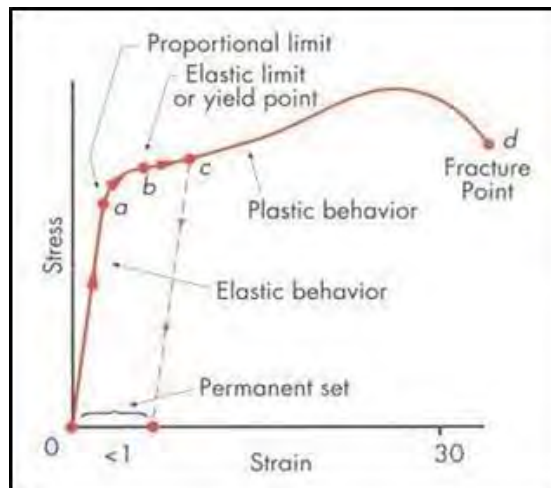
Sifat mekanik adalah salah satu sifat terpenting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (tentunya komponen yang terbuat dari bahan tersebut)

untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut.

**a. Kekuatan tarik**

Hal yang paling menonjol pada kekuatan tarik adalah diagram tegangan-regangan. Pada diagram tegangan-regangan dapat dibedakan dua daerah, yaitu daerah elastic dan daerah plastis.

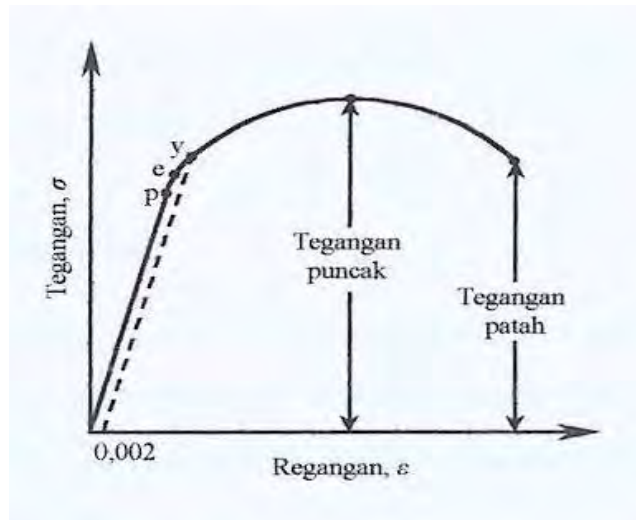
Sifat mekanik pada daerah plastis dinamakan kekuatan elastis. Kekuatan elastic menyatakan kemampuan menerima beban tanpa berakibat terjadinya deformasi plastik (perubahan bentuk yang permanen). Kekuatan elastic ditunjukkan oleh titik yield (besarnya tegangan yang mengakibatkan terjadinya yield).



**Gambar 2.5** Diagram tegangan regangan

([http://koleksidion.blogspot.com/2009\\_12\\_01\\_archive.html](http://koleksidion.blogspot.com/2009_12_01_archive.html))

Untuk logam-logam yang ulet yang memperlihatkan terjadinya yield dengan jelas, tentu batas ini mudah ditentukan, tetapi untuk logam-logam yang lebih getas dimana yield tidak tampak jelas atau sama sekali tidak terlihat maka yield dapat dicari dengan metode offset. Harga yang diperoleh dengan cara ini dinamakan *offset yield strength*. Dalam hal ini regangan dianggap mulai terjadi bila sudah timbul reganganplastik sebesar 0.2 % atau 0.35%. secara grafik, offset yield strength dengan menarik garis sejajar dengan garis elastic dari titik regangan, atau 0.2% hingga memotong kurva.



**Gambar 2.6** Penentuan yield dengan metode offset

(<http://yefrichan.files.wordpress.com/2010/05/sifat-material1.doc>)

Kekuatan elastic ini penting sekali dalam suatu perancangan yang bekerja pada suatu bagian tidak melebihi yield point/strength dari bahan, supaya tidak terjadi deformasi plastik.

Pada daerah plastis, terdapat kekuatan tarik yang menunjukkan kemampuan material untuk menerima beban tanpa menjadi rusak ataupun putus. Kekuatan tarik (Ultimate tensile strength):

$$UTS = \sigma_u = \frac{P_{max}}{A_0}$$

Kekuatan tarik ini sering dianggap sebagai data terpenting yang diperoleh dari hasil pengujian tarik, karena biasanya perhitungan-perhitungan kekuatan dihitung atas dasar kekuatan tarik ini.

Pada baja, kekuatan tarik akan naik seiring dengan naiknya kadar karbon dan paduan. Sifat-sifat mekanik material yang digunakan adalah sesuai dengan standar ASTM A36 seperti pada **Tabel 2.3** dibawah ini :



**Tabel 2.3** Tensile Requirements (Sumber ASTM A36 – 04)

Plates, Shapes, and Bars :	
Tensile strength, ksi [MPa]	58-80 [400-550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] <sup>c</sup>
Plates and Bars :	
Elongation in 8 in [200mm], min, %	20
Elongation in 2 in [50mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in [200mm], min, %	20
Elongation in 2 in [50mm], min, %	21

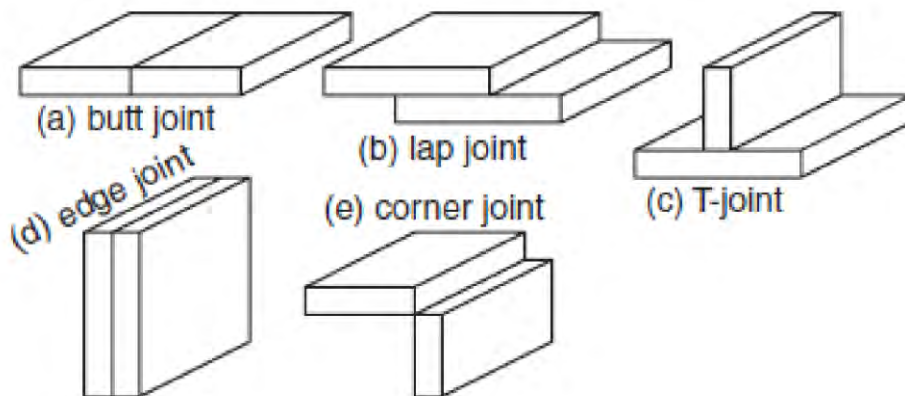
#### 2.2.8. Kampuh V

Umumnya, persiapan sisi dikerjakan dengan tiga cara yaitu *shearing*, *flame cutting* dan *machining*. *Shearing* merupakan cara yang ekonomis dalam memotong logam namun dibatasi oleh ketebalan material yang akan dipotong. Selain itu, bentuk yang diperoleh hanya berupa potongan lurus. *Flame cutting* merupakan cara yang paling banyak dipakai dalam membuat persiapan sisi karena selain bisa diperoleh bentuk lurus juga bisa dibuat bentuk bevel pada sisi pelat yang dipotong. Dengan cara ini seketika juga bisa dibuat *root face*. Cara ketiga, yaitu *machining* merupakan cara yang paling mahal. Cara ini umumnya dilakukan untuk membuat persiapan sisi bentuk U atau J. Kampuh V merupakan salah satu bentuk persiapan sisi *flame cutting*. Kampuh V digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya antara 6-16 mm, dimana sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan tertutup. Kampuh V terbuka digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya 6-16 mm dengan sudut kampuh 30°-80° dan jarak/celah kampuh sekitar 2 mm serta tinggi dasar sampai sudut kampuh 1-2 mm. Pada waktu mengelas kampuh V terbuka diberi plat penahan cairan sepanjang kampuh yang gunanya untuk mencegah cairan bertumpuk disebelah bawah kampuh dan plat penahan tersebut dapat dibuka bila diperlukan. Sambungan kampuh V tertutup digunakan untuk

menyambung logam/plat yang tebalnya 8-16 mm dengan sudut kampuh dan tinggi dari dasar sampai dasar sudut kampuh dibuat sama dengan sambungan kampuh V terbuka.

#### 2.2.9. Jenis Sambungan Las

Ada lima jenis sambungan dasar pengelasan. Kelima jenis sambungan tersebut antara lain: *butt joint*, *lap joint*, *T-joint*, *edge joint*, dan *corner joint*. Berikut ilustrasi dari kelima jenis sambungan tersebut ditunjukkan pada **Gambar 2.7** dibawah ini :



**Gambar 2.7** Jenis Sambungan Las

*Butt joint* merupakan sambungan di mana kedua benda kerja berada pada bidang yang sama dan disambung pada ujung kedua benda kerja yang saling berdekatan.

*Lap joint* merupakan sambungan yang terdiri dari dua benda kerja yang saling bertumpukkan.

*T-joint* merupakan sambungan di mana salah satu benda kerja tegak lurus dengan benda kerja lainnya sehingga membentuk huruf “T”.

*Edge joint* merupakan sambungan di mana kedua benda kerja sejajar satu sama lain dengan catatan salah satu ujung dari kedua benda kerja tersebut berada pada tingkat yang sama.

*Corner joint* merupakan sambungan di mana kedua benda kerja membentuk sudut sehingga keduanya dapat disambung pada bagian pojok dari sudut tersebut.

#### 2.2.10. Larutan Media Uji (Pengganti Air Laut)

Larutan media uji (pengganti air laut) dengan salinitas (35‰) sesuai dengan standar ASTM D1141-90 “*Standard Specification for Substitute Ocean Water*”, yang dijelaskan pada **Tabel 2.4** dibawah ini :

**Tabel 2.4** Komposisi Kimia Pengganti Air Laut <sup>A,B</sup>

Larutan	Konsentrasi, g/L
NaCl	24.53
MgCl <sub>2</sub>	5.20
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.09
CaCl <sub>2</sub>	1.16
KCl	0.695
NaHCO <sub>3</sub>	0.201
KBr	0.101
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.027
SrCl <sub>2</sub>	0.025
NaF	0.003
Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000994
Mn (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000340
Cu (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000308
Zn (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000096
Pb (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000066
AgNO <sub>3</sub>	0.00000049

Sumber : ASTM, 2003

Keterangan:

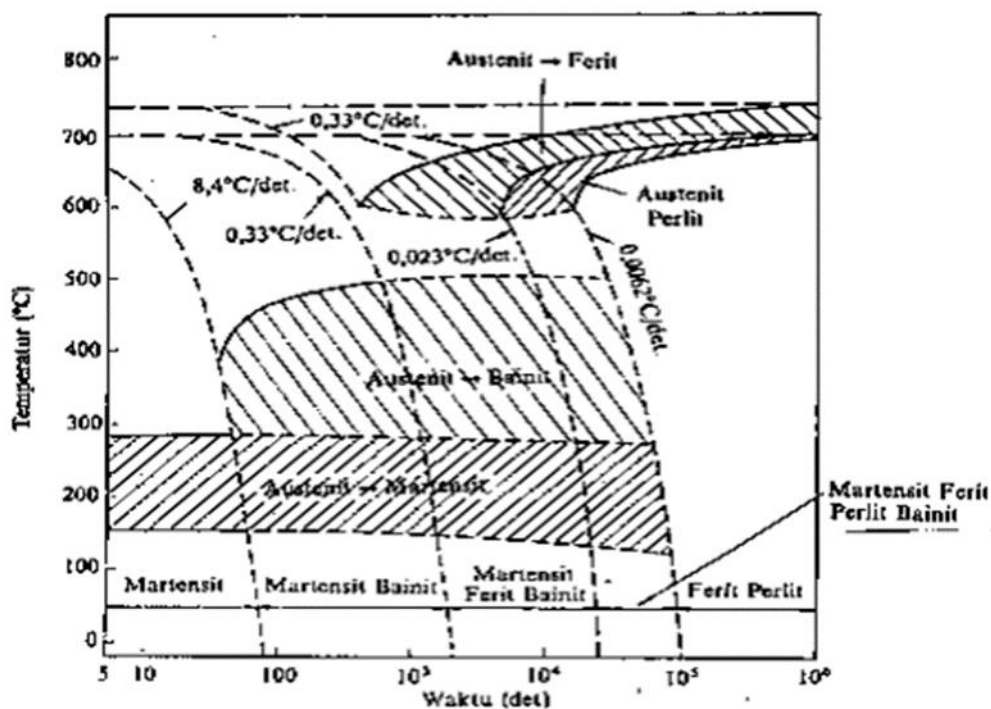
<sup>A</sup> Klorinitas = 19.38

<sup>B</sup> pH (setelah disesuaikan dengan 0.1 N *sodium hydroxide*)= 8.2

### 2.2.11. Kecepatan Pendinginan

Struktur mikro dari baja pada umumnya tergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah austenit sampai suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki baja juga akan berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk biasanya digambarkan dalam diagram yang menghubungkan waktu, suhu dan transformasi, diagram tersebut dikenal dengan diagram TTT (*Time-Temperature-Transformation*).

Contoh diagram TTT ditunjukkan dalam **Gambar 2.8** di bawah, dan dapat dilihat bahwa bila kecepatan pendinginan naik berarti waktu pendinginan dari suhu austenit turun, struktur akhir yang terjadi berubah campuran ferit-perlit ke campuran ferit-perlit-bainit-martensit, ferit-bainit-martensit, kemudian bainit-martensit dan akhirnya pada kecepatan yang tinggi sekali struktur akhirnya adalah martensit (Wiryosumarto, 2000).



**Gambar 2.8** Diagram TTT (*Time-Temperature-Transformation*) untuk Baja Hypoeutectoid (Avner, 1974)

Struktur mikro dan sifat mekanis akhir lasan sangat ditentukan oleh laju pendinginan. Kecepatan pendinginan kritis atau *critical cooling rate* (CCR) adalah kecepatan pendinginan dimana pada batas ini cenderung timbulnya retak besar sekali, untuk baja akan terbentuk struktur martensit yang keras dan getas.

Kurva CCR ini ditunjukkan dengan adanya kurva yang menempel pada “nose” diagram TTT (*Time-Temperature-Transformation*), lihat pada **Gambar 2.8.** pada baja karbon rendah memiliki kecepatan pendinginan kritis yang tinggi. Bila sebuah logam memiliki CCR, kurva yang tepat menempel pada “nose”. Maka pada pendinginan udara biasa dapat dipastikan bahwa struktur lasnya bukan martensit dengan alasan kecepatan pendinginan pengelasan atau *cooling rate welding* (CRW) dengan udara berada disebelah kanan dari CCR-nya. Sebaliknya bila kurva CRW-nya berada pada sebelah kiri CCR (*lebih cepat dari CCR*) maka akan mempermudah timbulnya *crack*. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan *preheat* dan atau *postheat*. Karena pada baja karbon rendah kecepatan pendinginan kritis yang dimiliki tinggi maka tidak diperlukannya *preheat* ataupun *postheat*. Pada akhir pengelasan akan menghasilkan struktur ulet sehingga sambungan diharapkan tahan terhadap *internal stress* yang terjadi dari proses las dan tidak menyebabkan *crack*.

#### **2.2.12. Pengujian *Non-Destructive Test Radiography***

Radiografi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengujian *Non-Destructive Test* (NDT). Yang dimaksud dengan pengujian tanpa merusak adalah pengujian bahan dengan tidak merusak bahan yang diuji baik sifat fisik maupun kimia dari bahan tersebut, selama dan setelah pengujian tidak mengalami perubahan. Tujuannya untuk mengetahui kualitas barang atau bahan yang merupakan salah satu cara pengendalian dalam memenuhi standard yang ditetapkan.

Pengujian dengan metode radiografi merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam NDT. Metode radiografi mempunyai daya penetrasi dan penyerapan dari radiasi sinar-x dan sinar  $\gamma$  (gamma), maka radiografi dapat digunakan untuk memeriksa pada sambungan las.

Keuntungan dari pemeriksaan radiografi meliputi:

- a. Dapat digunakan untuk berbagai material
- b. Menghasilkan visual image yang permanen
- c. Dapat memperlihatkan kondisi asli bagian dalam material
- d. Dapat memperlihatkan bentuk cacat

Kerugian / keterbatasan dari pemeriksaan radiografi meliputi :

- a. Tidak praktis digunakan pada spesimen – spesimen yang mempunyai bentuk geometris beragam / kompleks
- b. Pertimbangan keselamatan dan kesehatan dari bahaya yang ditimbulkan sinar x dan sinar  $\gamma$  (gamma) harus dipikirkan
- c. Peralatan yang digunakan relatif mahal
- d. Memerlukan operator yang benar-benar berpengalaman
- e. Setiap operator atau pekerja harus berlisensi

### **2.2.13. Pengujian Tarik**

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan / material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Sifat mekanis logam yang dapat diketahui setelah proses pengujian ini seperti kekuatan tarik, keuletan dan ketangguhan.

Pengujian tarik sangat dibutuhkan untuk menentukan desain suatu produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan kekuatan dasar suatu dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan.

#### 2.2.14. Pengujian Kekerasan Vickers

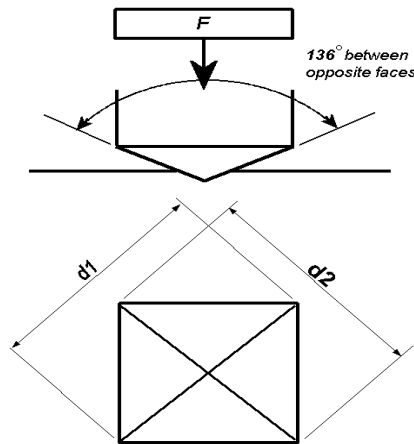
Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Uji kekerasan Vickers menggunakan indenter berbentuk piramida intan dengan berbentuk dasar bujur sangkar dengan besar sudut  $136^\circ$  terhadap kedua sisi yang berhadapan. Besar sudut itu digunakan karena merupakan perkiraan rasio terideal indentasi diameter bola uji brinell. Besar beban indenter bervariasi antara 1 kg sampai 120 kg yang disesuaikan dengan tingkat kekerasan material specimen. Uji kekerasan Vickers sesuai dengan standar ASTM E92.

Prinsip dari uji kekerasan Vickers adalah besar beban dibagi dengan luas daerah indentasi atau dapat dirumuskan seperti berikut ini :

$$VHN = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2}$$

Berikut ini merupakan Gambar 2.6 indenter uji Vickers :



**Gambar 2.9** Indenter Uji Vickers

#### 2.2.15. Pengujian Metalografi

Metalografi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikrostruktur suatu logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut. Ada beberapa metode yang dipakai yaitu: mikroskop (optik maupun elektron), difraksi ( sinar-X, elektron dan neutron), analisis (X-ray fluorescence, elektron mikroprobe) dan juga stereometric metalografi. Pada praktikum metalografi ini digunakan metode mikroskop, sehingga pemahaman akan cara kerja mikroskop, baik optik maupun elektron perlu diketahui.

Pengamatan metalografi dengan mikroskop umumnya dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Metalografi makro, yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran 10 – 100 kali,
2. Metalografi mikro, yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran diatas 100 kali.

Sebelum dilakukan pengamatan mikrostruktur dengan mikroskop maka diperlukan proses-proses persiapan sampel. Langkah-langkah dalam persiapan sampel untuk mikroskop, yaitu:

1. Pemotongan spesimen.
2. *Labeling*.



3. *Mounting* spesimen (bila diperlukan).
4. *Grinding* dan *polishing*.
5. Etsa.
6. Pembersihan dan pengeringan.

Setelah proses diatas sudah dilakukan, maka spesimen tersebut siap untuk diamati struktur makro dan mikro. Dari pengamatan itu bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya cacat, struktur logamnya, dan sebagainya.

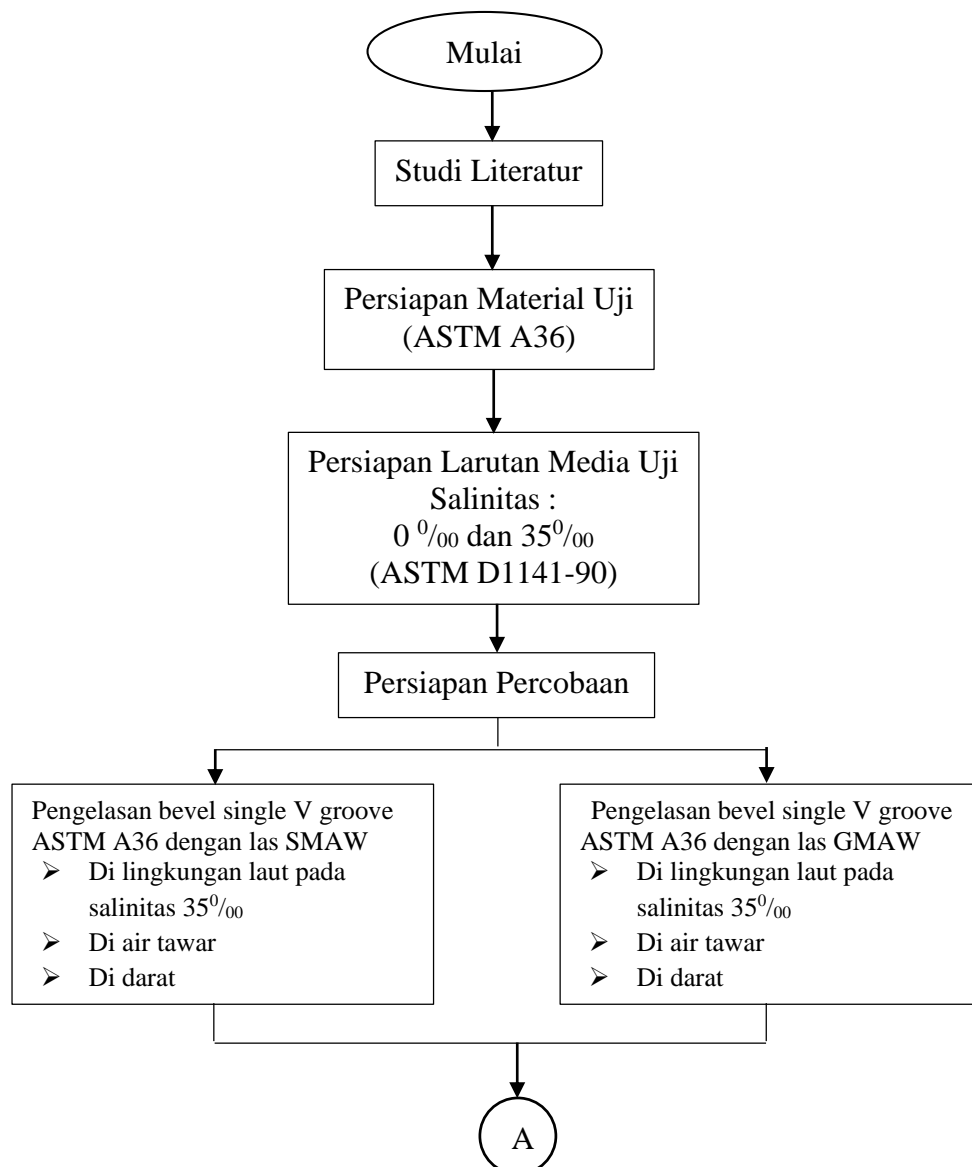
## BAB III

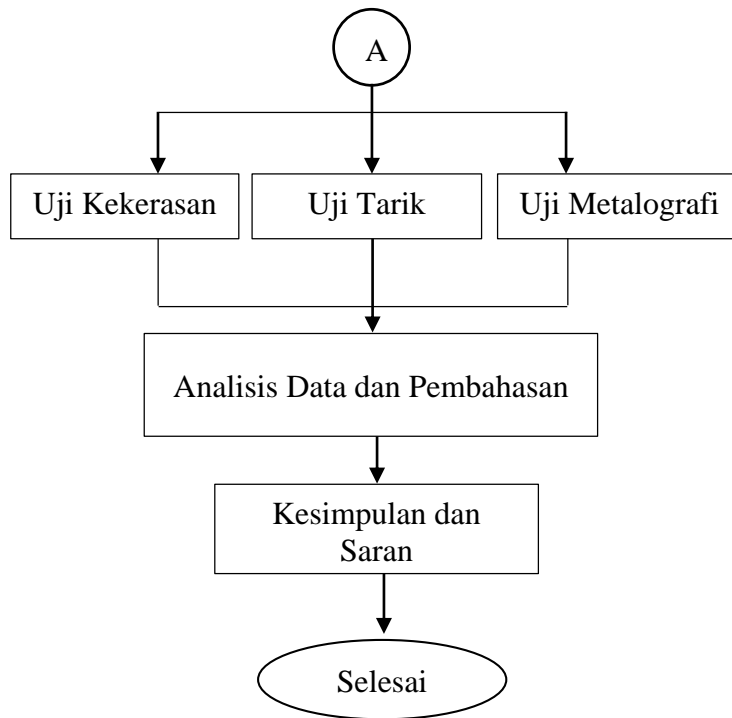
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian

##### 3.1.1. Skema Diagram Alir

Metode penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan dan prosedur. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram alir seperti pada Gambar 3.1 berikut:





**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2. Penjelasan Diagram Alir

Penjabaran dari diagram di atas akan dijelaskan pada langkah-langkah dibawah ini:

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan mencari, mempelajari, serta memahami jurnal, buku-buku, dan laporan tugas akhir alumni baik dari institusi sendiri maupun dari institusi lain yang berkaitan dengan rumusan masalah, dasar teori dan data – data yg digunakan dalam tugas akhir ini. Literatur-literatur tersebut juga digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

## 2. Persiapan Material Uji

Material yang digunakan adalah plat baja jenis *mild steel* dengan kode ASTM

36. Spesimen uji dibuat berbentuk segi dengan ukuran dan tipe sebagai berikut:

- Tipe : *Mild Steel*
- Panjang : 150 mm
- Lebar : 200 mm
- Tebal : 10 mm
- Kampuh : *Single V-groove*



**Gambar 3.2** Persiapan Material Uji

Peralatan yang digunakan dalam proses persiapan material adalah:

1. Mesin gergaji (potong)
2. Mesin *Bevelling*
3. Mesin gerinda dan batu gerinda
4. Jangka sorong
5. Kikir

## 3. Persiapan Larutan Media Uji ( Pengganti Air Laut)

Pada penelitian ini, digunakan larutan kimia sebagai pengganti air laut.

Komposisi kimia pengganti air laut mengacu pada standar ASTM D1141-90,

“*Standard Specification for Substitute Ocean Water*” yaitu pada salinitas 35<sup>0</sup>/‰. Namun, dalam penelitian ini ditambahkan pengujian dalam salinitas 0% yaitu pada air tawar murni.

Tabel dibawah menunjukkan bahan untuk membuat larutan pada kondisi salinitas 35 (35‰). Dari tabel tersebut untuk menghasilkan 10 liter larutan pengganti air laut pada salinitas 35 ‰ maka prosedur yang harus dilakukan sebagai berikut:

- a. Larutan 1 bervolume 200 ml terdiri dari:  
MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, dan SrCl<sub>2</sub>
- b. Larutan 2 bervolume 100 ml terdiri dari:  
KCl, NaHCO<sub>3</sub>, KBr, H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>, SrCl<sub>2</sub>, NaF

Cara pencampurannya yaitu : 245.3 gram NaCl dan 40.9 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilarutkan pada 8 hingga 9 liter air murni (*aquades*).Kemudian larutan 1 dan 2 dimasukkan perlahan dengan *vigorous stirring*, sehingga dihasilkan 10 liter larutan pengganti air laut dengan salinitas 35 ‰. Komposisi kimia pengganti larutan terdapat pada **Tabel 3.2** dibawah ini :

**Tabel 3.1** Komposisi Kimia Pengganti Air Laut <sup>A,B</sup>  
(ASTM D1141-90)

Larutan	Konsentrasi, g/L
NaCl	24.53
MgCl <sub>2</sub>	5.20
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.09
CaCl <sub>2</sub>	1.16
KCl	0.695
NaHCO <sub>3</sub>	0.201
KBr	0.101
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.027
SrCl <sub>2</sub>	0.025
NaF	0.003

Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000994
Mn (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000340
Cu (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000308
Zn (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000096
Pb (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000066
AgNO <sub>3</sub>	0.00000049

Sumber : ASTM, 2003

Keterangan:

<sup>A</sup> Klorinitas = 19.38

<sup>B</sup> pH (setelah disesuaikan dengan 0.1 N *sodium hydroxide*)= 8.2

#### 4. Proses Pengelasan

Proses pengelasan ini bertujuan penyambungan dua buah plat yang akhirnya akan menjadi sebuah spesimen baru. Pada spesimen baru tersebut akan terbentuk HAZ (*Heat Affected Zone*) yang nantinya dapat diujikan lebih lanjut. Prosedur pengelasan mengacu pada WPS (*Welding Procedure Specification*) berdasarkan standar AWS D1.1 2004 tentang prosedur pengelasan material baja.

Peralatan yang digunakan dalam proses pengelasan SMAW dan GMAW

1. Mesin las SMAW lengkap dengan peralatan (*equipment*)-nya
2. Mesin las GMAW lengkap dengan peralatan (*equipment*)-nya
3. Pelindung Mata
4. Sarung Tangan
5. Masker
6. Sikat Baja
7. Palu
8. Penggaris
9. Jangka Sorong
10. *Stopwatch*
11. Bak Las



**Gambar 3.3** Material Uji Setelah di Bevelling



**Gambar 3.4** Sebelum Pengelasan Material Uji di Gerinda Terlebih Dahulu

### **SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*)**

#### **a. Pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) di Darat**

##### **➤ Persiapan Spesimen Uji dan Bahan Penelitian:**

1. Spesimen baja A36 dengan ukuran 150 x 200 x 10 mm yang telah di bevel.

2. Elektroda las AWS E6013 RB 26 Diameter 2,6 mm dan 3,2 mm



**Gambar 3.5** Elektroda E6013 RB 26

- Langkah-langkah Pengelasan Secara Umum adalah sebagai berikut:
1. Pengelasan dimulai dengan pemasangan tanggem pada material untuk mengurangi terjadinya deformasi.
  2. Alur las dihaluskan dengan menggunakan gerinda.
  3. Mesin las disiapkan termasuk besarnya arus dan *voltage* mesin las sesuai dengan parameter yang telah ditentukan menurut WPS, berikut spesifikasinya:
    - *Welding Process* : SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*)
    - *Type* : *Manual*
    - *Joint Design* : *Butt Joint, Single V-groove*
    - *Base metal* :
      - *Groove* : *5 – 10 mm*
    - *Filler Metal* :
      - *AWS no. (Clasification)* : *E 6013*
      - *Diameters* : *2,6 mm & 3,2 mm*
      - *Welding Position* : *1 G (flat position)*
    - *Current (AC or DC)* : *DC*
    - *Polarity* : *DCEP (reverse polarity)*



- *Ampere (Range) : 60 – 125 Ampere*
  - *Voltage (Range) : 22,8 – 24,8 V*
  - *Travel of Speed : 40 – 120 mm/minute*
4. Proses pengelasan mulai dilakukan.
  5. Setelah pengelasan pada layer pertama selesai maka permukaan las dibersihkan dari kerak las dengan menggunakan palu dan sikat baja.
  6. Permukaan las dibuat rata dengan menggunakan gerinda untuk membentuk alur las bagi layer kedua dan seterusnya sampai layer ke 3.

**b. Pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) underwater pada salinitas 0<sup>0</sup>/<sub>00</sub> dan 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub>**

- Persiapan spesimen uji dan bahan penelitian:
  1. Specimen baja A36 dengan ukuran 150 x 200 x 10 mm yang telah di bevel.
  2. Elektroda las AWS E6013 RB 26 Diameter 2,6 mm dan 3,2 mm yang telah di *coating* dengan lilin.
  3. Larutan media uji pada salinitas 0<sup>0</sup>/<sub>00</sub>
  4. Larutan media uji pada salinitas 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub>
- Langkah-langkah pengelasan tersebut secara umum adalah:
  1. Pengelasan dimulai dengan pemasangan tanggem pada material untuk mengurangi terjadinya deformasi.
  2. Alur las dihaluskan dengan menggunakan gerinda.
  3. Mesin las disiapkan termasuk besarnya arus dan *voltage* mesin las sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dari WPS.
  4. Proses pengelasan mulai dilakukan di dalam bak yang telah berisi larutan media uji dengan kedalaman 10 cm.
  5. Setelah pengelasan pada layer pertama selesai maka permukaan las dibersihkan dari kerak las dengan menggunakan palu dan sikat baja.

6. Permukaan las dibuat rata dengan menggunakan gerinda untuk membentuk alur las bagi layer kedua dan seterusnya sampai layer ke 3.

## **GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)**

### **a. Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) di Darat**

#### ➤ Persiapan Spesimen Uji dan Bahan Penelitian:

1. Spesimen baja A36 dengan ukuran 150 x 200 x 10 mm yang telah di bevel.
2. Elektroda las AWS ER 70S-6 Diameter 1,2 mm



**Gambar 3.6** Elektroda ER 70S-6

#### ➤ Langkah-langkah Pengelasan Secara Umum adalah sebagai berikut:

1. Pengelasan dimulai dengan pemasangan tanggem pada material untuk mengurangi terjadinya deformasi.
2. Alur las dihaluskan dengan menggunakan gerinda.
3. Mesin las disiapkan termasuk besarnya arus dan *voltage* mesin las sesuai dengan parameter yang telah ditentukan menurut WPS, berikut spesifikasinya:
  - *Welding Process* : GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)
  - *Type* : *Manual*
  - *Joint Design* : *Butt Joint, Single V-groove*

- *Base metal* :
    - *Groove* : 5 – 10 mm
  - *Filler Metal* :
    - *AWS no. (Clasification)* :
    - *Diameters* : 1,2 mm
    - *Welding Position* : 1 G (flat position)
  - *Current (AC or DC)* : DC
  - *Polarity* : DCEP (reverse polarity)
  - *Ampere (Range)* : 100 – 120 Ampere
  - *Voltage (Range)* : 21 – 23 V
  - *Gas* : Argon
7. Proses pengelasan mulai dilakukan.
  8. Setelah pengelasan pada layer pertama selesai maka permukaan las dibersihkan dari kerak las dengan menggunakan palu dan sikat baja.
  9. Permukaan las dibuat rata dengan menggunakan gerinda untuk membentuk alur las bagi layer kedua dan seterusnya sampai layer ke 4.

**b. Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) underwater pada salinitas 0<sup>0</sup>/<sub>00</sub> dan 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub>**

- Persiapan spesimen uji dan bahan penelitian:
  1. Spesimen baja A36 dengan ukuran 150 x 200 x 10 mm yang telah di bevel.
  2. Elektroda las AWS ER 70S-6 Diameter 1,2 mm.
  3. Larutan media uji pada salinitas 0<sup>0</sup>/<sub>00</sub>
  4. Larutan media uji pada salinitas 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub>
- Langkah-langkah pengelasan tersebut secara umum adalah:
  1. Pengelasan dimulai dengan pemasangan tanggem pada material untuk mengurangi terjadinya deformasi.
  2. Alur las dihaluskan dengan menggunakan gerinda.

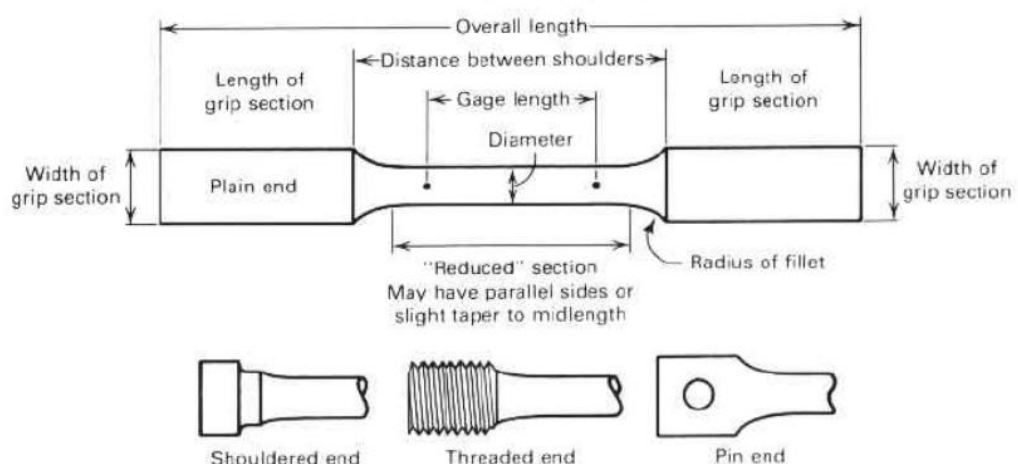
3. Mesin las disiapkan termasuk besarnya arus dan *voltage* mesin las sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dari WPS.
4. Proses pengelasan mulai dilakukan di dalam bak yang telah berisi larutan media uji dengan kedalaman 10 cm.
5. Setelah pengelasan pada layer pertama selesai maka permukaan las dibersihkan dari kerak las dengan menggunakan palu dan sikat baja.
6. Permukaan las dibuat rata dengan menggunakan gerinda untuk membentuk alur las bagi layer kedua dan seterusnya sampai layer ke 2.

## 5. Persiapan Pemotongan Plat

Setelah proses pengelasan selesai, plat dipotong untuk persiapan spesimen uji dengan menggunakan gas. Metode pemotongan dengan gas ini biasanya memakan tepian sekitar 2 – 3 mm, berbeda dengan menggunakan mesin pemotong yang tidak memakan tepian material. Sebelum dibuat untuk spesimen uji, daerah tepian (awal dan akhir pengelasan) dipotong minimal 1 inch. Ini dilakukan untuk meminimalkan hasil las-lasan yang buruk.

## 6. Pembuatan Spesimen Uji

### a. Spesimen Uji Tarik



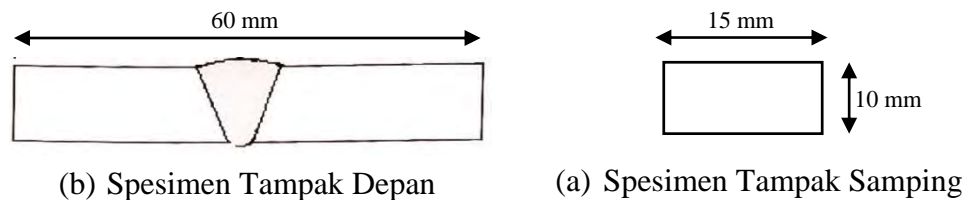
**Gambar 3.7** Bentuk Material Uji Tarik

Setelah pemotongan plat dilakukan, jadilah spesimen untuk diuji. Spesimen tersebut dibentuk seperti pada **Gambar 3.7** sesuai dengan ASTM E 8M. Setiap plat yang telah dipotong terdapat tiga sampel spesimen uji. Pada las SMAW yang dilakukan di lingkungan air laut, air tawar, dan darat masing – masing memiliki tiga sampel spesimen uji tarik. Begitu pula dengan las GMAW memiliki tiga sampel spesimen uji tiap tiga faktor lingkungan yang berbeda.

#### b. Spesimen Uji Kekerasan

Persiapan yang dilakukan untuk pembuatan spesimennya adalah:

1. Dimensi spesimen dengan ukuran 60 mm x 15 mm x 10 mm sesuai dengan ASTM E 92.



**Gambar 3.8** Spesimen Uji Kekerasan

2. Dilakukan proses sekrab untuk mendapatkan bentuk yang sesuai dengan ukuran.
3. Hasil dari proses sekrab dihaluskan dengan menggunakan gerinda.
4. Bagian tajam dihaluskan menggunakan kikir.
5. Permukaan yang akan diuji dihaluskan dengan mesin poles.
6. Pemolesan dilakukan dengan kertas gosok *waterproof grade* 240, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, dan 2000.
7. Apabila saat dipoles hasil polesannya tidak terlalu terlihat sebaiknya mengganti dengan kertas gosok yang baru.
8. Pemolesan dikatakan berhasil apabila permukaan spesimen mengkilap, bersih, dan tidak ada lagi goresan.
9. Untuk uji kekerasan sesuai dengan standar ASTM E 92.

### c. Spesimen Pengamatan Metalografi

Untuk ukuran dan pembuatan spesimen pengamatan metalografi sama dengan cara yang dilakukan pada spesimen uji kekerasan *Vickers*. Bedanya terletak pada permukaan spesimen yang dietsa. Untuk pengamatan makro, permukaan spesimen dietsa sesuai dengan standar ASTM E 340. Sedangkan untuk pengamatan mikro, permukaan spesimen dietsa dengan nilai 4% sesuai dengan standar ASTM E 407, kemudian ditaburi serbuk alumunia dengan kain wol pada permukaannya.

## 7. Pelaksanaan Pengujian

### a. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ), kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) dari sambungan las. Dari uji tarik ini diperoleh kualitas sambungan las, apakah spesimen putus didaerah lasan atau didaerah lain. Proses uji tarik dilakukan di Laboratorium PPNS Surabaya.



(a) Sebelum Spesimen Patah



(b) Setelah Spesimen Patah

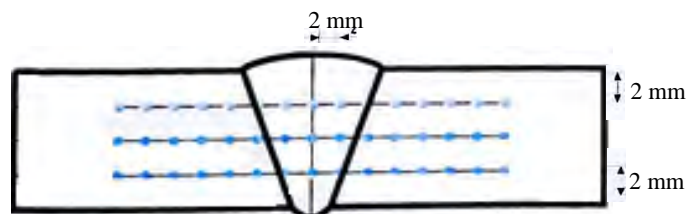
**Gambar 3.9** Pelaksanaan Uji Tarik

## b. Uji Kekerasan



**Gambar 3.10** Alat Uji Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Vickers dengan indentasi sebesar Hv10. Daerah yang diuji meliputi :



**Gambar 3.11** Titik Uji Kekerasan

Daerah yang diuji kekerasan adalah sebagai berikut :

- Daerah *top*, yaitu 2 mm dari permukaan *top* terluar. Pengukuran dimulai dari pusat weldmetal sampai ke base metal dengan jarak 2 mm setiap titiknya secara horizontal.
- Daerah pada *center*, pengukuran dimulai dari pusat weldmetal sampai ke base metal dengan jarak 2 mm setiap titiknya secara horizontal.
- Daerah *root*, yaitu 2 mm dari permukaan *root* terluar. Pengukuran dimulai dari pusat weldmetal sampai ke base metal dengan jarak 2 mm setiap titiknya secara horizontal.

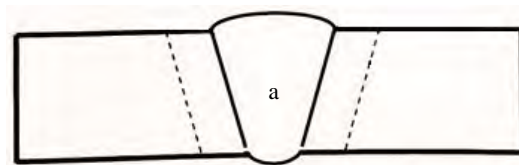
### c. Pengamatan Metalografi

1. Untuk pengamatan foto makro, dilakukan dengan menggunakan kamera manual merk Canon. Pengamatan makro dilakukan pada enam spesimen, yaitu didaerah sambungan hasil pengelasan lingkungan air laut, air tawar, dan darat pada SMAW dan GMAW.



**Gambar 3.12** Pelaksanaan Pengamatan Struktur Makro

2. Untuk pengamatan foto mikro, dilakukan dengan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100x pada *weld metal* di Laboratorium Kontruksi dan Kekuatan Jurusan Teknik Perkapalan.



**Gambar 3.13** Titik Pengambilan Foto Mikro





**Gambar 3.14** Alat Uji Struktur Mikro

## **8. Analisis Data dan Pembahasan**

Pada tahap analisis data yaitu dimana data yang telah diperoleh dan diolah dari hasil pengujian yang dilakukan itu didapatkan. Dari semua data yang dikelompokkan maka dapat dilakukan analisis yang sesuai dengan standar atau aturan yang berkaitan dan mendukung secara ilmiah dari pengambilan data yang dilakukan. Sehingga dari analisis tersebut, penulis dapat melakukan pembahasan akan tujuan dari permasalahan yang dirumuskan pada awal pembahasan.

## **9. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, nantinya akan ditarik beberapa kesimpulan dari hasil analisis tersebut dan juga pemberian saran-saran bagi yang ingin melanjutkan tugas akhir ini.

## BAB IV

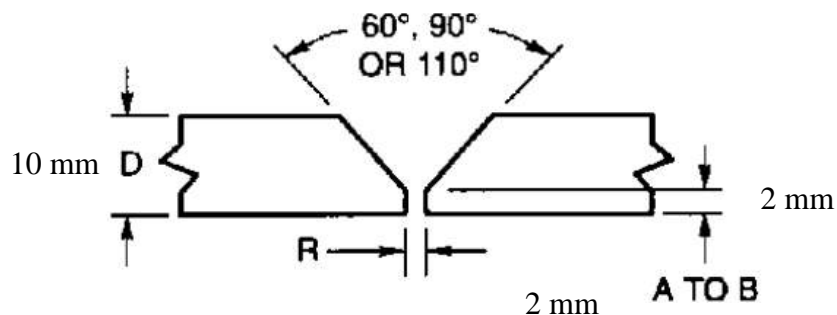
### ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Data Hasil Pengelasan

##### 4.1.1. Data Hasil Pengelasan Jenis SMAW

Percobaan yang dilakukan pada material dengan panjang 300 mm dengan parameter pengelasan dan WPS (*Welding Procedure Standard*) sebagai berikut :

*Welder* : Rachmad (*Welder PPNS*)  
*Joint Design* : *Butt Joint, Single V-groove*  
*Material* : *Mild Steel A36*  
*Elektroda* : E6013 diameter 2,6 mm  
*Dimensi* : 300 mm x 200 mm x 10 mm  
*Posisi* : 1G



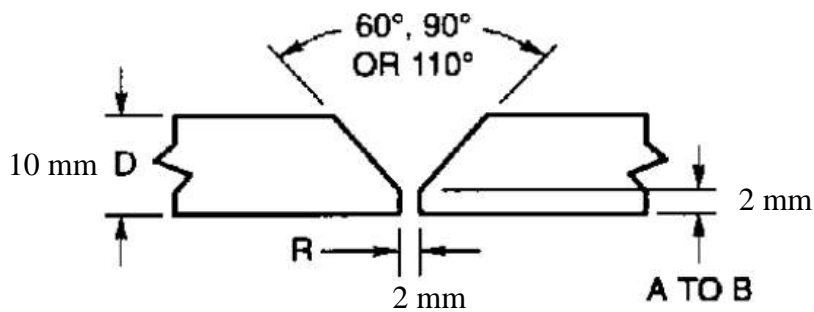
**Tabel 4.1** Set Parameter Pengelasan SMAW

Layer	Ampere (I)	Polaritas	Voltage (E)	Filler Metal		Travel Speed (second)
				Class	Diameter	
1	60 - 90	DCEP	22 - 24	E 6013	2,6 mm	40 - 70
2	85 - 125	DCEP	23 - 25	E 6013	2,6 mm	50 - 85
3	85 - 125	DCEP	23 - 25	E 6013	2,6 mm	50 - 85

#### 4.1.2. Data Hasil Pengelasan Jenis GMAW

Dari hasil eksperimen las yang telah dilakukan, didapatkan data parameter pengelasan sebagai berikut :

*Welder* : Rachmad (*Welder* PPNS)  
*Joint Design* : *Butt Joint, Single V-groove*  
*Material* : *Mild Steel A36*  
 Elektroda : ER 70S-6 diameter 1,2 mm  
 Dimensi : 300 mm x 200 mm x 10 mm  
 Posisi : 1G  
 Gas : Argon



**Tabel 4.2** Set Parameter Pengelasan GMAW

Layer	Ampere (I)	Polaritas	Voltage (E)	Filler Metal		Travel Speed (second)
				Class	Diameter	
1	100 - 120	DCEP	21 - 23	ER 70S-6	1,2 mm	57
2	100 - 120	DCEP	21 - 23	ER 70S-6	1,2 mm	68
3	100 - 120	DCEP	21 - 23	ER 70S-6	1,2 mm	65
4	100 - 120	DCEP	21 - 23	ER 70S-6	1,2 mm	70

## **4.2. Visualisasi Hasil Pengelasan**

### **4.2.1. Visualisasi Hasil Pengelasan Jenis SMAW**



**Gambar 4.1** Hasil Pengelasan SMAW di Darat



**Gambar 4.2** Hasil Pengelasan SMAW di Lingkungan Air Tawar  
(Salinitas 0‰)



**Gambar 4.3** Hasil Pengelasan SMAW di Lingkungan Air Laut  
(Salinitas 35‰)

Pada hasil las yang dilakukan dengan metode SMAW terlihat antara pengelasan di darat, di air tawar, dan di lingkungan laut dengan salinitas 35‰ sangat jauh berbeda. Hasil las di darat terlihat lebih bagus dan sempurna. Berbeda dengan hasil

las yang dilakukan di lingkungan air laut dan di air tawar banyak ditemui cacat, seperti *porosity* dan *undercut*. *Porosity* merupakan salah satu bentuk cacat akibat terperangkapnya gas di las-lasan.

#### 4.2.2. Visualisasi Hasil Pengelasan Jenis GMAW



**Gambar 4.4** Hasil Pengelasan GMAW di Darat



**Gambar 4.5** Hasil Pengelasan GMAW di Lingkungan Air Tawar  
(Salinitas 0‰)



**Gambar 4.6** Hasil Pengelasan GMAW di Lingkungan Air Laut  
(Salinitas 35‰)

Pada hasil las yang dilakukan pada GMAW pun terlihat berbeda antara pengelasan di darat, di air tawar, dan di lingkungan laut dengan salinitas 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Hasil pengelasan di darat terlihat lebih rapi jika pengelasan pada air tawar dan air laut sebagai pembanding. Semua ini terjadi karena sulitnya pengelasan yang dilakukan pada *underwater*, karena pandangan *welder* pada saat mengelas terganggu akibat gelembung-gelembung gas yang ke atas dan keruhnya air pada saat proses pengelasan.

#### 4.3. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian Tarik dilakukan berdasarkan ASTM E8 tentang metode standar pengujian tarik material logam. Hasil yang akan didapat dari pengujian ini adalah besarnya nilai kekuatan maksimum (*ultimate stress*). Besarnya *tensile range* mesin uji antara 400 – 550 MPa.

##### 4.3.1. Hasil Pengujian Tarik pada Pengelasan SMAW

Berikut ini hasil pengujian Tarik dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Hasil Uji Tarik Pengelasan SMAW di Darat

No.	Code material	Tensile Test Result		Remark
		F ult (KN)	$\sigma$ ult (MPa)	
1	S1a	54,38	441,40	Break at BM
2	S1b	55,67	444,65	Break at BM
3	S1c	57,98	452,26	Break at BM

**Tabel 4.4** Hasil Uji Tarik Pengelasan SMAW di Air Tawar (Salinitas 0<sup>0</sup>/<sub>00</sub>)

No.	Code material	Tensile Test Result		Remark
		F ult (KN)	$\sigma$ ult (MPa)	
1	S2a	58,81	484,03	Break at BM
2	S2b	57,54	449,53	Break at BM
3	S2c	56,77	452,35	Break at BM

**Tabel 4.5** Hasil Uji Tarik Pengelasan SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

No.	Code material	Tensile Test Result		Remark
		F ult (KN)	$\sigma$ ult (MPa)	
1	S3a	61,27	480,55	Break at BM
2	S3b	62,07	485,41	Break at BM
3	S3c	60,72	472,53	Break at BM

Keterangan :

S1 = Spesimen uji tarik pengelasan SMAW di darat

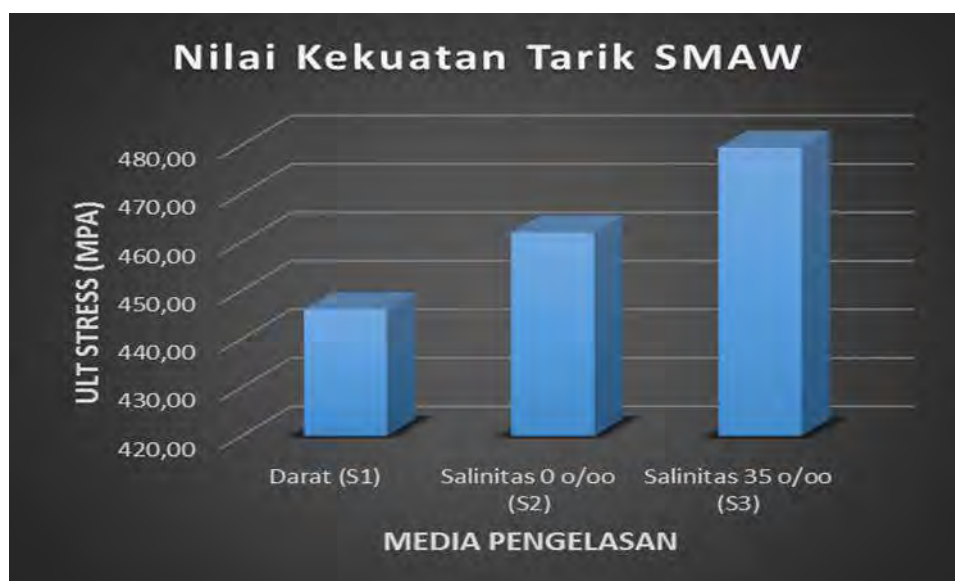
S2 = Spesimen uji tarik pengelasan SMAW di air tawar (salinitas 0‰)

S3 = Spesimen uji tarik pengelasan SMAW di lingkungan air laut (salinitas 35‰)

BM = *Base Metal*

**Tabel 4.6** Hasil Uji Tarik Rata-rata pada Pengelasan SMAW

Media Pengelasan	$\sigma$ ult (MPa)
Darat (S1)	446,10
Salinitas 0 ‰ (S2)	461,97
Salinitas 35 ‰ (S3)	479,50

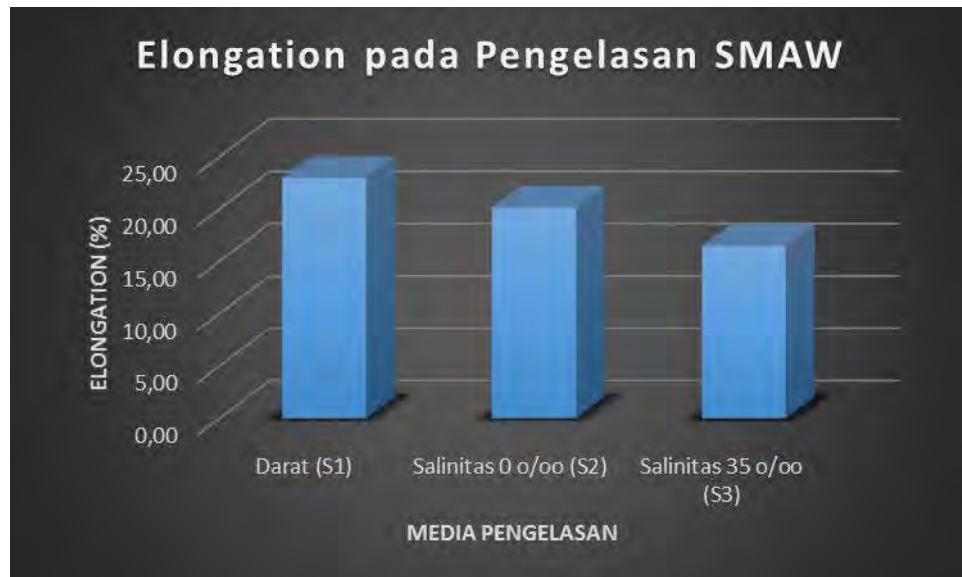


**Gambar 4.7** Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Rata-rata pada SMAW



**Tabel 4.7** *Elongation* pada Pengelasan SMAW

Specimen	Elongation (%)		
	Darat	Salinitas 0 ‰	Salinitas 35 ‰
1	20,83	10,13	18,16
2	21,89	23,98	16,12
3	26,23	26,33	15,08
Rata-rata	22,98	20,15	16,45



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan *Elongation* pada SMAW

Dari hasil pengujian tarik bisa didapatkan nilai kekuatan tarik dalam bentuk satuan KN. Besarnya tegangan-regangan dapat diketahui apabila besarnya gaya tarik (dalam satuan KN) di konversikan ke *ultimate stress* (dalam satuan MPa).

Nilai kekuatan tarik material dari yang tertinggi sampai terendah adalah pengelasan pada lingkungan air laut (salinitas 35‰) sebesar 479,50 MPa > air tawar (salinitas 0‰) sebesar 461,97 MPa > darat sebesar 446,10 MPa. Dari nilai tersebut, bisa ditarik kesimpulan bahwa nilai kekerasan berhubungan dengan nilai kekuatan tarik.

Nilai *Elongation* ( $\Delta l$ ) dari yang tertinggi sampai terendah adalah pengelasan di darat sebesar 22,98% > air tawar (salinitas 0‰) sebesar 20,15% > lingkungan air laut (salinitas 35‰) sebesar 16,45%. Ini dikarenakan pengelasan yang dilakukan di darat memiliki keuletan (*ductility*) yang tinggi dibandingkan pengelasan yang



dilakukan dibawah air, karena pengelasan bawah air akan membuat material uji semakin getas.

#### 4.3.2. Hasil Pengujian Tarik pada Pengelasan GMAW

Berikut ini hasil pengujian Tarik dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.8** Hasil Uji Tarik Pengelasan GMAW di Darat

No.	Code material	Tensile Test Result		Remark
		F ult (KN)	$\sigma$ ult (MPa)	
1	G1a	59,45	482,55	Break at BM
2	G1b	60,21	476,34	Break at BM
3	G1c	58,77	452,77	Break at BM

**Tabel 4.9** Hasil Uji Tarik Pengelasan GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)

No.	Code material	Tensile Test Result		Remark
		F ult (KN)	$\sigma$ ult (MPa)	
1	G2a	61,10	472,18	Break at BM
2	G2b	61,78	481,15	Break at BM
3	G2c	62,34	480,28	Break at BM

**Tabel 4.10** Hasil Uji Tarik Pengelasan GMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

No.	Code material	Tensile Test Result		Remark
		F ult (KN)	$\sigma$ ult (MPa)	
1	G3a	66,99	495,49	Break at BM
2	G3b	65,97	483,65	Break at BM
3	G3c	63,47	481,56	Break at BM

Keterangan :

G1 = Spesimen uji tarik pengelasan GMAW di darat

G2 = Spesimen uji tarik pengelasan GMAW di air tawar (salinitas 0‰)

G3 = Spesimen uji tarik pengelasan GMAW di lingkungan air laut (salinitas 35‰)

BM = *Base Metal*

**Tabel 4.11** Hasil Uji Tarik Rata-rata Pengelasan GMAW

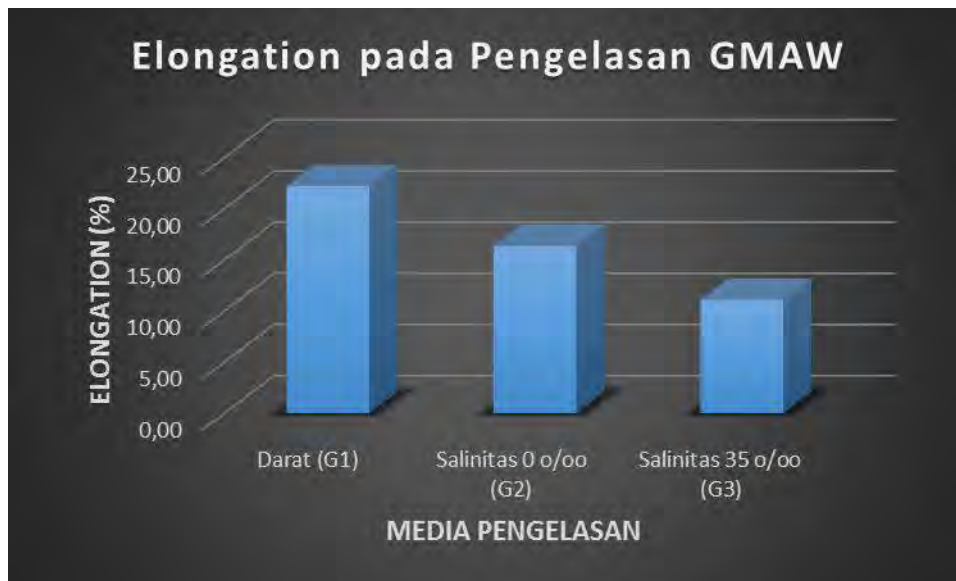
Media Pengelasan	$\sigma_{ult}$ (MPa)
Darat (G1)	470,56
Salinitas 0 ‰ (G2)	477,87
Salinitas 35 ‰ (G3)	486,90



**Gambar 4.9** Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Rata-rata pada GMAW

**Tabel 4.12** Elongation pada Pengelasan GMAW

Specimen	Elongation (%)		
	Darat	Salinitas 0 ‰	Salinitas 35 ‰
1	22,32	16,12	9,81
2	21,52	15,22	12,37
3	22,76	17,68	11,09
Rata-rata	22,20	16,34	11,09



**Gambar 4.10** Grafik Perbandingan *Elongation* pada GMAW

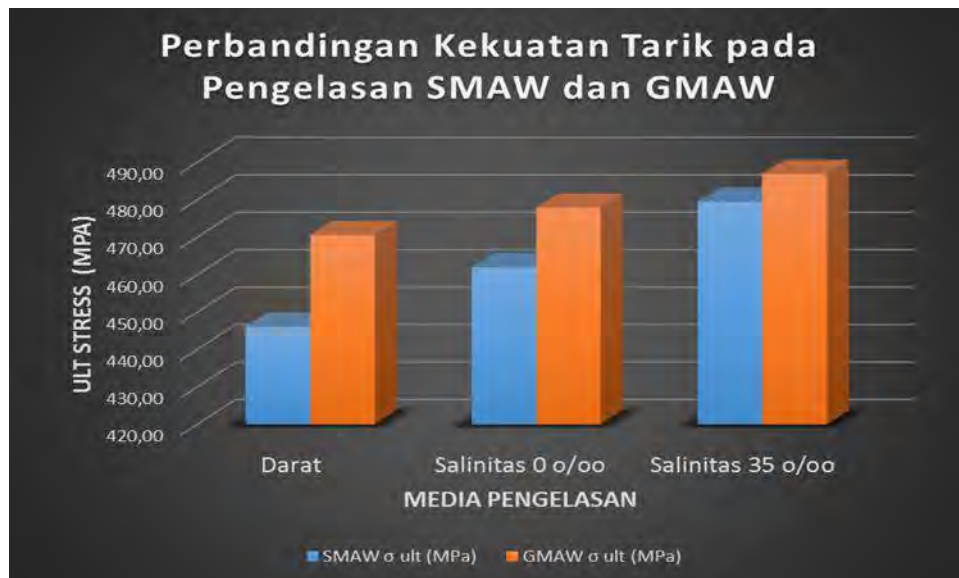
Jika dilihat dari table dan gambar diatas bisa disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik material tertinggi terletak pada pengelasan bawah air di salinitas tertinggi. Berikut nilai kekuatan tarik material dari yang tertinggi sampai terendah adalah pengelasan pada lingkungan air laut (salinitas 35‰) sebesar 486,90 MPa > air tawar (salinitas 0‰) sebesar 477,87 MPa > darat sebesar 470,56 MPa.

Nilai *Elongation* ( $\Delta l$ ) dari yang tertinggi sampai terendah adalah pengelasan di darat sebesar 22,20% > air tawar (salinitas 0‰) sebesar 16,34% > lingkungan air laut (salinitas 35‰) sebesar 11,09%. Ini dikarenakan pengelasan yang dilakukan di darat memiliki keuletan (*ductility*) yang tinggi dibandingkan pengelasan yang dilakukan dibawah air, karena pengelasan bawah air akan membuat material uji semakin getas.

#### 4.3.3. Perbandingan Hasil Pengujian Tarik pada Pengelasan SMAW dan GMAW

**Tabel 4.13** Perbandingan Kekuatan Tarik pada Pengelasan SMAW dan GMAW

Media Pengelasan	SMAW $\sigma_{ult}$ (MPa)	GMAW $\sigma_{ult}$ (MPa)
Darat	446,10	470,56
Salinitas 0 ‰	461,97	477,87
Salinitas 35 ‰	479,50	486,90



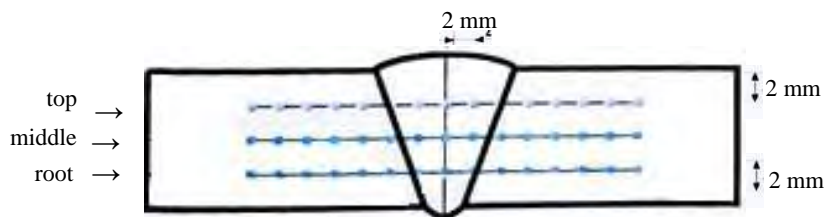
**Gambar 4.11** Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik pada Pengelasan SMAW dan GMAW

Dari grafik diatas, bisa diketahui bahwa kekuatan tarik yang dimiliki oleh pengelasan GMAW lebih besar dibanding dengan pengelasan SMAW pada setiap lingkungan yang berbeda. Ini dikarenakan pengelasan GMAW memiliki kualitas deposit logam yang tinggi; hasil lasan baik, *smooth*, dan *uniform*; penggunaan elektroda yang relatif tinggi; mudah dalam penggunaan.

#### 4.4. Pengujian Kekerasan

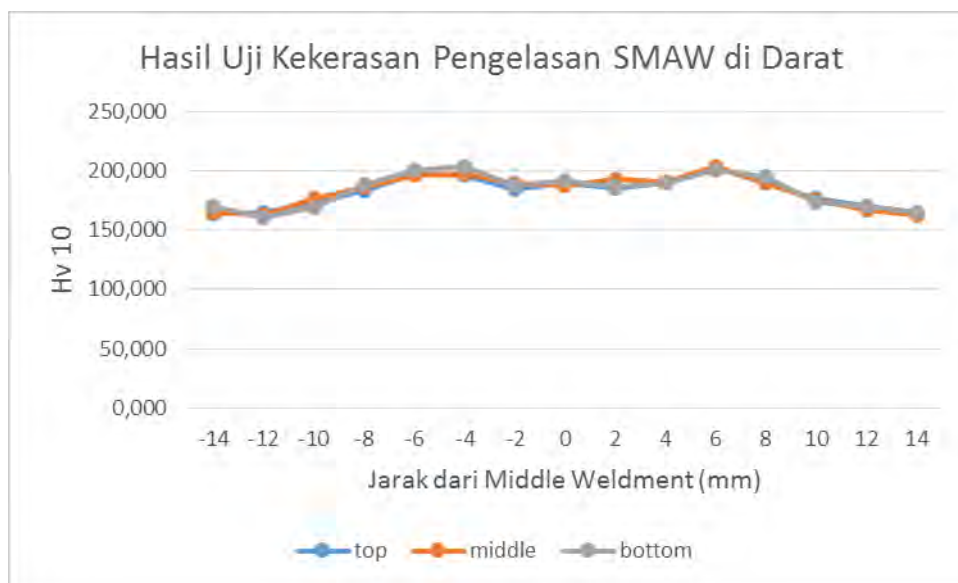
##### 4.4.1. Hasil Uji Kekerasan pada Pengelasan SMAW

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode *Vickers Hardness*. Pada pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui kemampuan benda dalam menerima pembebanan atau identasi dengan beban dan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk pengujian kekerasan pada spesimen ini direncanakan pada **Gambar 4.12** dibawah ini :

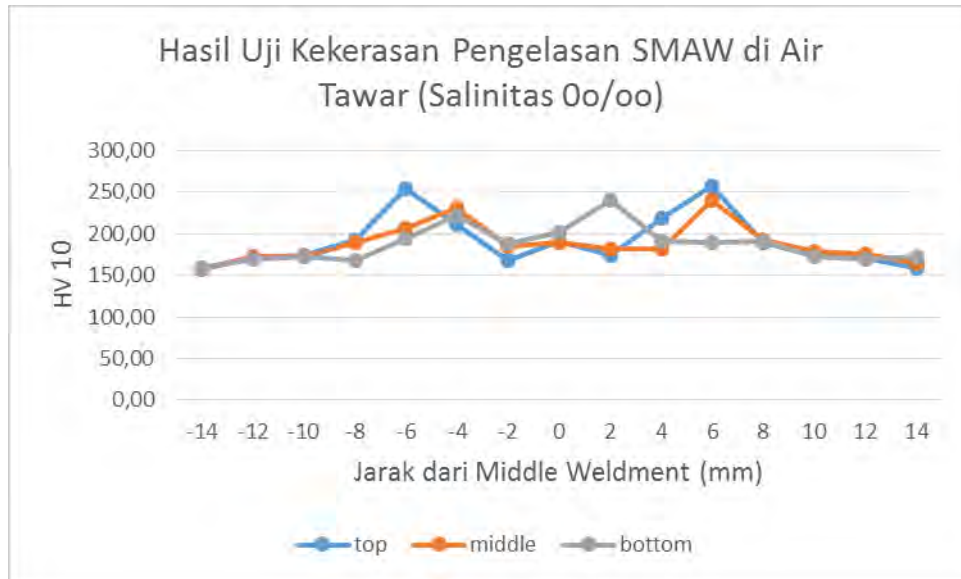


**Gambar 4.12** Daerah Pengujian Kekerasan

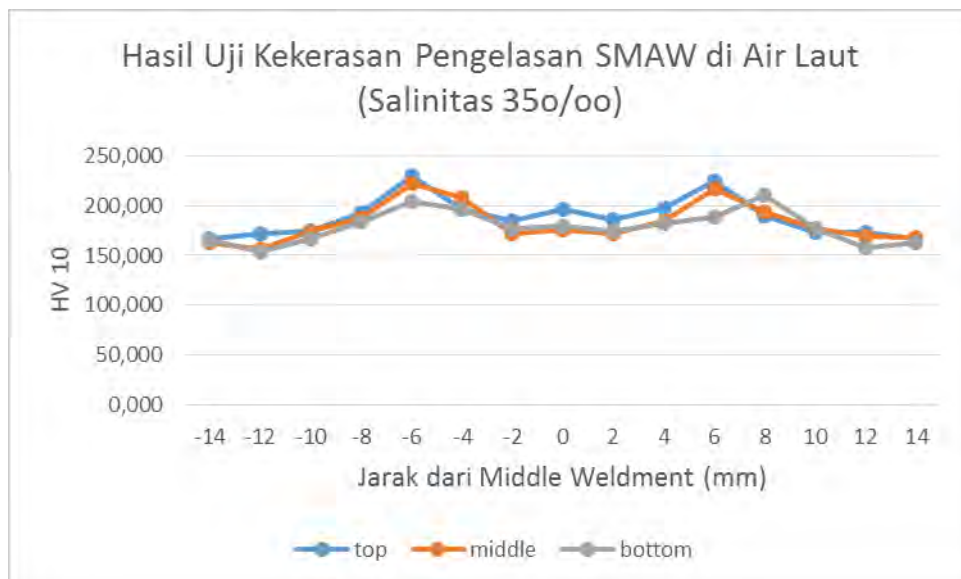
Setelah diketahui nilai indeks kekerasan, kemudian di plotkan ke dalam grafik. Grafik distribusi kekerasannya akan digambarkan seperti dibawah ini :



**Gambar 4.13** Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW di Darat



**Gambar 4.14** Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)



**Gambar 4.15** Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

**Tabel 4.14** Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW

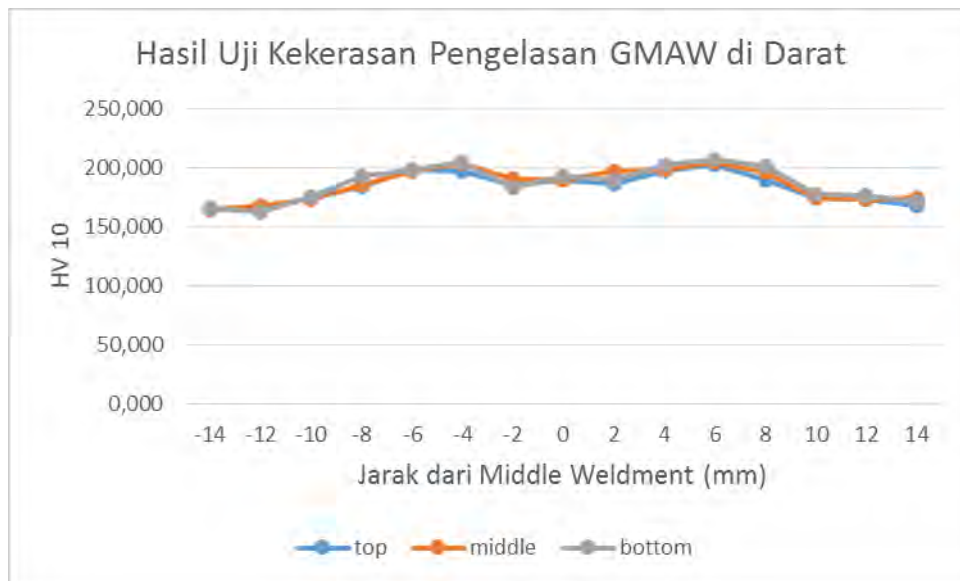
SMAW			
Daerah	Darat	Air Tawar (Salinitas 0o/oo)	Air Laut (Salinitas 35o/oo)
Top	182,165	188,109	184,617
Middle	182,468	182,934	184,952
bottom	178,725	183,438	186,336
rata-rata	181,119	184,827	185,301



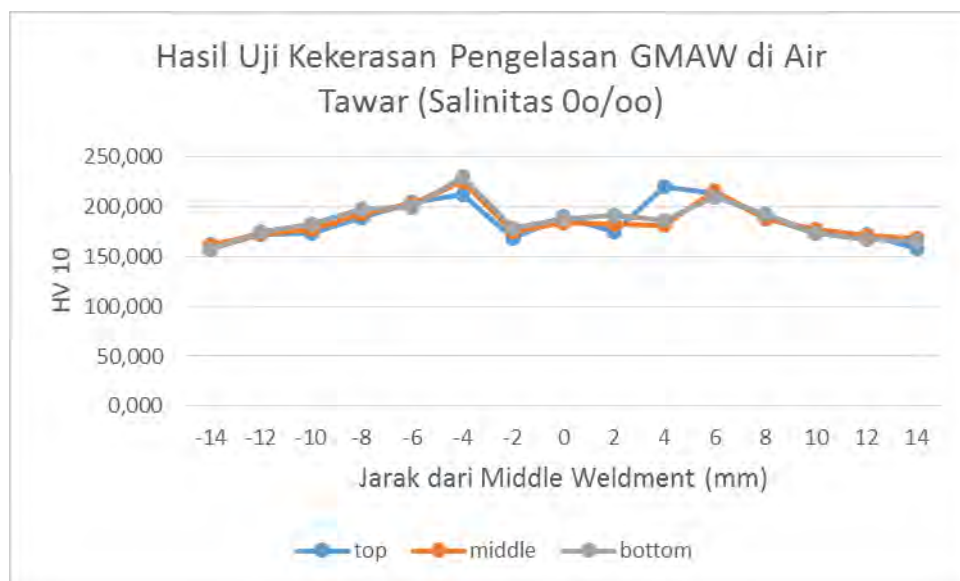
**Gambar 4.16** Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan SMAW

Setelah dilakukan pengujian, maka dapat dilihat perbedaan nilai indeks kekerasan pada setiap daerah. Dari data yang diperoleh nilai kekerasan tertinggi ada pada daerah HAZ dekat dengan *fusion line*. Hal ini dikarenakan daerah itu mendapatkan input panas dari daerah *weld metal* setelah mengalami pendinginan relatif cepat karena dilakukan di lingkungan laut. Daerah HAZ berbatasan langsung dengan daerah *base metal* dan *base metal* sendiri mempunyai temperatur yang lebih kecil dibanding HAZ. Maka dari itu, perpindahan panas yang berasal dari HAZ dan menuju ke *base metal* dengan laju pendinginan yang relatif cepat. Oleh karena itu, nilai indeks kekerasan pada daerah HAZ lebih besar dibanding dengan nilai indeks kekerasan pada daerah *base metal*. Dan secara umum juga, semakin mendekati daerah *base metal*, nilai indeks kekerasannya semakin kecil.

#### 4.4.2. Hasil Uji Kekerasan pada Pengelasan GMAW

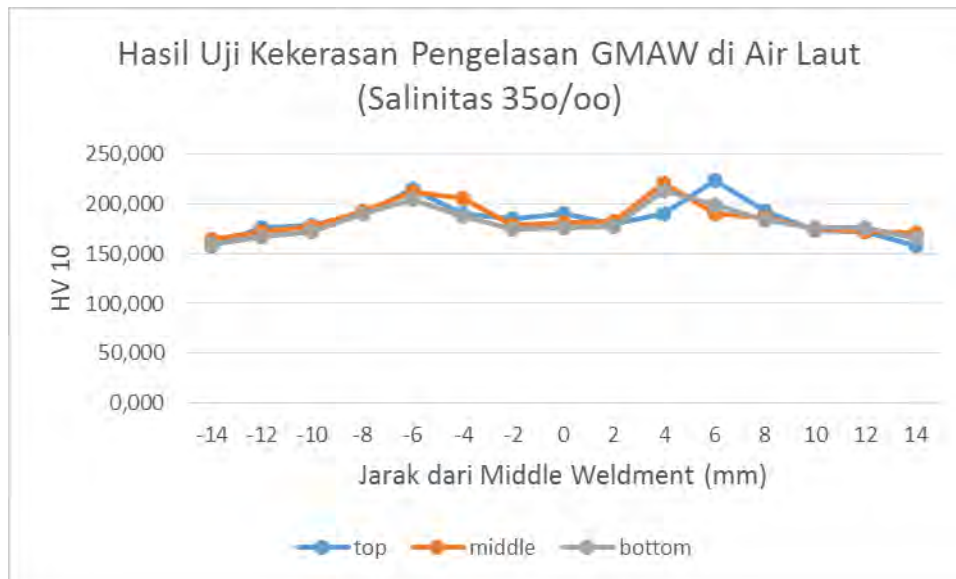


**Gambar 4.17** Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan GMAW di Darat



**Gambar 4.18** Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)





**Gambar 4.19** Grafik Distribusi Kekerasan PengelasanG di Air Laut (Salinitas 35°/oo)

**Tabel 4.15** Distribusi Kekerasan pada Pengelasan GMAW

GMAW			
Daerah	Darat	Air Tawar (Salinitas 0o/oo)	Air Laut (Salinitas 35o/oo)
Top	184,859	182,836	191,164
Middle	185,370	185,542	188,113
bottom	181,373	186,294	186,903
rata-rata	183,868	186,640	188,726



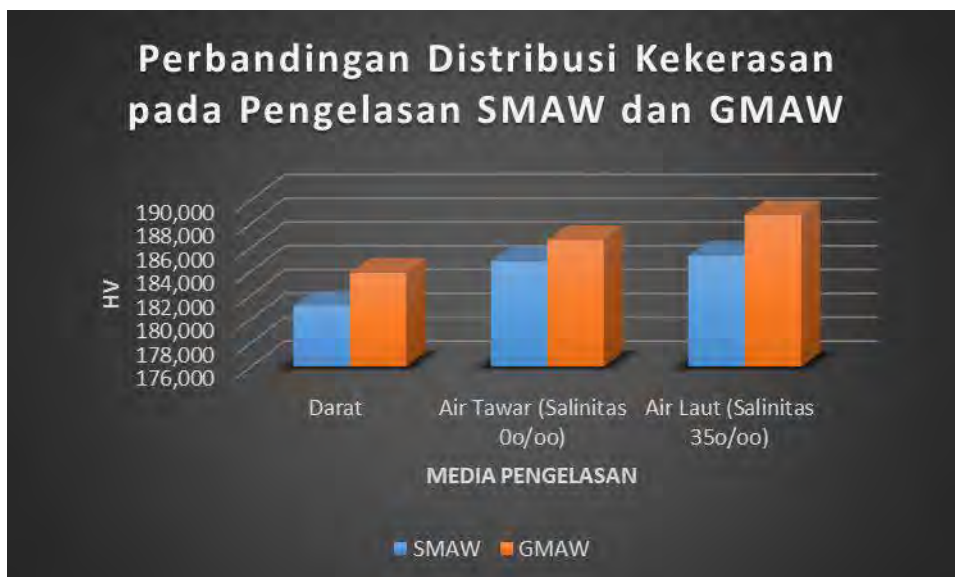
**Gambar 4.20** Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan GMAW

Setelah dilakukan pengujian, maka dapat dilihat perbedaan nilai indeks kekerasan pada setiap daerah. Dari data yang diperoleh nilai kekerasan tertinggi ada pada daerah HAZ dekat dengan *fusion line*. Hal ini dikarenakan daerah itu mendapatkan input panas dari daerah *weld metal* setelah mengalami pendinginan relatif cepat karena dilakukan di lingkungan laut. Daerah HAZ berbatasan langsung dengan daerah *base metal* dan *base metal* sendiri mempunyai temperatur yang lebih kecil dibanding HAZ. Maka dari itu, perpindahan panas yang berasal dari HAZ dan menuju ke *base metal* dengan laju pendinginan yang relatif cepat. Oleh karena itu, nilai indeks kekerasan pada daerah HAZ lebih besar dibanding dengan nilai indeks kekerasan pada daerah *base metal*. Dan secara umum juga, semakin mendekati daerah *base metal*, nilai indeks kekerasannya semakin kecil.

#### 4.4.3. Perbandingan Kekerasan pada Pengelasan SMAW dan GMAW

**Tabel 4.16** Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW dan GMAW

Daerah	SMAW	GMAW
Darat	181,119	183,868
Air Tawar (Salinitas 0o/oo)	184,827	186,640
Air Laut (Salinitas 35o/oo)	185,301	188,726



**Gambar 4.21** Grafik Perbandingan Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW dan GMAW

Dari hasil pendistribusian diatas, terlihat bahwa nilai paling rendah terdapat pada pengelasan SMAW dan GMAW pada pengelasan didarat. Urutan nilai kekerasan dari tertinggi ke terendah sebagai berikut, pengelasan yang dilakukan pada salinitas 35‰, kemudian pada salinitas 0‰, dan terakhir pada pengelasan didarat.

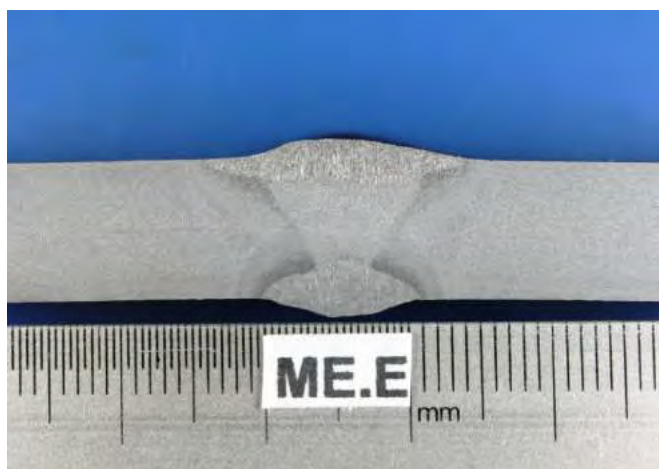
Ini bisa terjadi dilakukan dengan adanya salinitas. Seperti yang diketahui, adanya garam mengakibatkan temperatur menjadi rendah dan akhirnya kecepatan pendingin pun menjadi tinggi yang akibatnya membuat material tersebut menjadi keras dan getas sehingga membuat keuletan dari material tersebut menjadi turun.

Pengelasan GMAW mempunyai nilai kekerasan lebih besar dibanding dengan pengelasan SMAW untuk setiap media pengelasan yang berbeda. Ini dikarenakan pengelasan GMAW memiliki kualitas deposit logam yang tinggi; hasil lasan baik, *smooth*, dan *uniform*; penggunaan elektroda yang relatif tinggi; mudah dalam penggunaan.

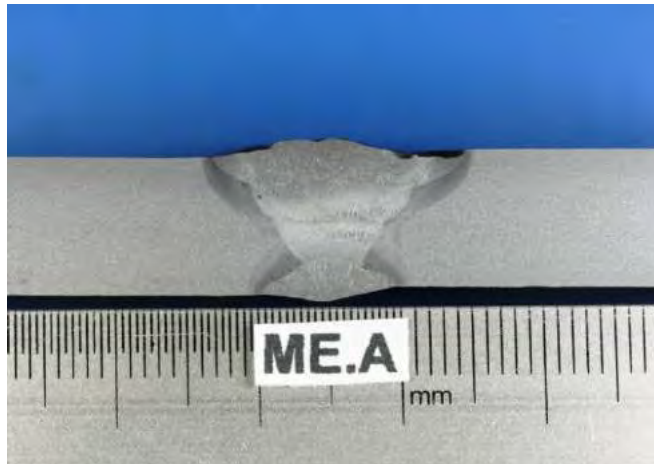
## 4.5. Pengamatan Struktur Makro

### 4.5.1. Pengamatan Struktur Makro SMAW

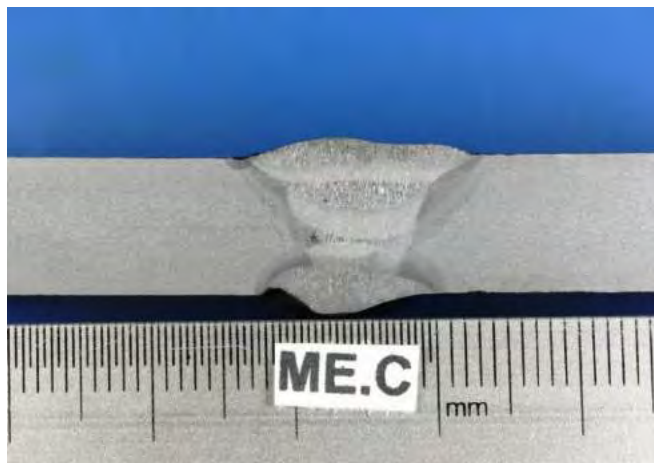
Pengamatan struktur makro merupakan pengujian yang dilakukan dan bertujuan untuk mengetahui daerah – daerah dari hasil proses pengelasan, bisa pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), *Fusion Line*, atau *Weld Metal* sekalipun.



**Gambar 4.22** Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Darat



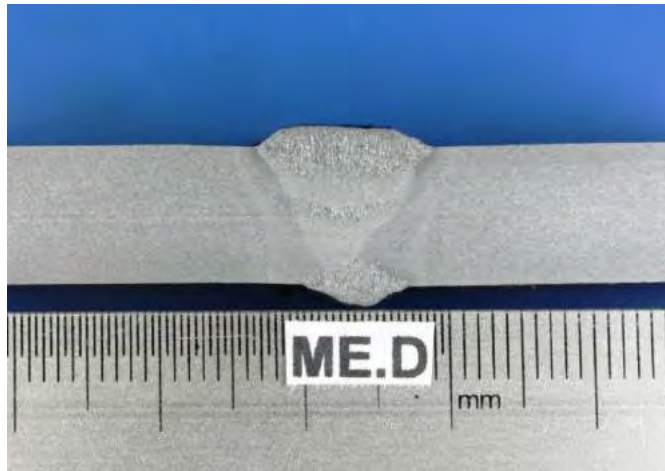
**Gambar 4.23** Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Air Tawar  
(Salinitas 0‰)



**Gambar 4.24** Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Air Laut  
(Salinitas 35‰)

Foto struktur makro yang dilakukan bawah air (*underwater*) terlihat tidak sempurna jika dibanding dengan yang dilakukan di darat. Hal ini disebabkan karena pendinginan cepat di setiap layer-nya. Terlihat bahwa HAZ yang dilakukan di *underwater* tidak teratur dan ditandai dengan adanya *overlapping* dan *undercut* yang menggerus *base metal*. Ini disebabkan akibat dari keruhnya air dan keluar gelembung gas dipermukaan yang menyebabkan terganggunya pandangan *welder*.

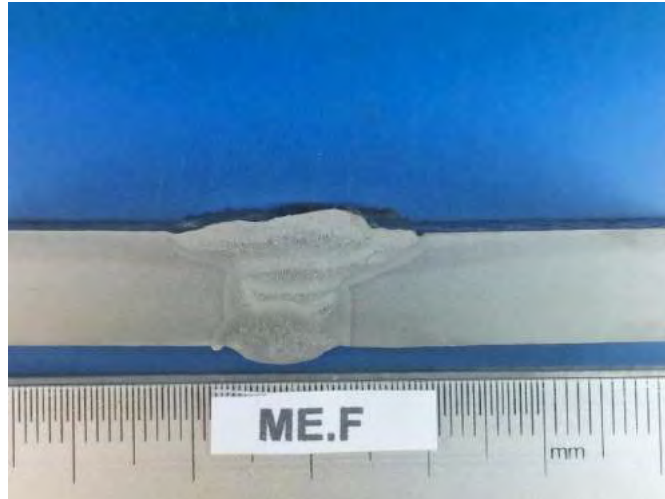
#### 4.5.2. Pengamatan Struktur Makro GMAW



**Gambar 4.25** Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Darat



**Gambar 4.26** Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Air Tawar  
(Salinitas 0‰)



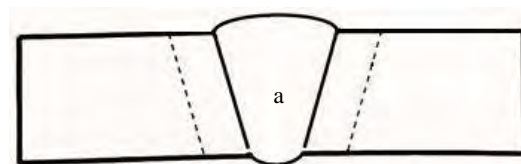
**Gambar 4.27** Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Air Laut  
(Salinitas 35‰)

Foto struktur makro yang dilakukan bawah air (*underwater*) terlihat tidak sempurna jika dibanding dengan yang dilakukan di darat. Hal ini disebabkan karena pendinginan cepat di setiap *layer*-nya. Terlihat bahwa HAZ yang dilakukan di *underwater* tidak teratur dan ditandai dengan adanya *overlapping* dan *undercut* yang menggerus *base metal*. Ini disebabkan akibat dari keruhnya air dan keluar gelembung gas dipermukaan yang menyebabkan terganggunya pandangan *welder*.

#### 4.6. Pengamatan Struktur Mikro SMAW

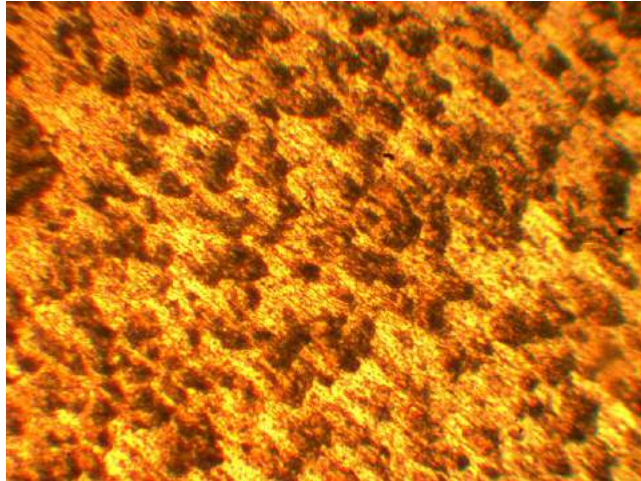
##### 4.6.1. Struktur Mikro pada Pengelasan SMAW di Darat

Pengujian mikro dilakukan bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro (*microstructure*) setelah dilakukan proses pengelasan. Pengujian mikro dilakukan dengan pembesaran 100x di *weld metal* seperti dibawah ini :



**Gambar 4.28** Titik Pengambilan Struktur Mikro

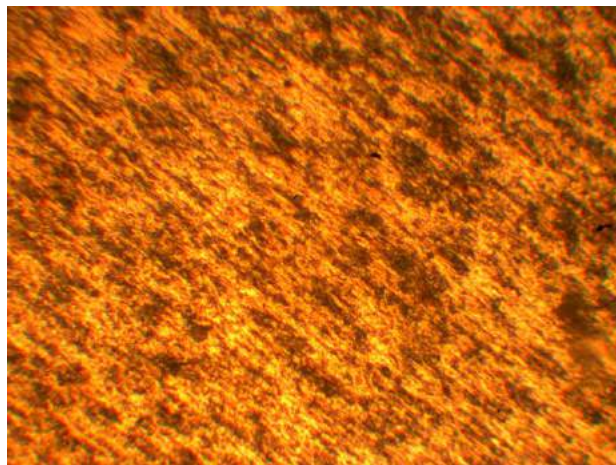




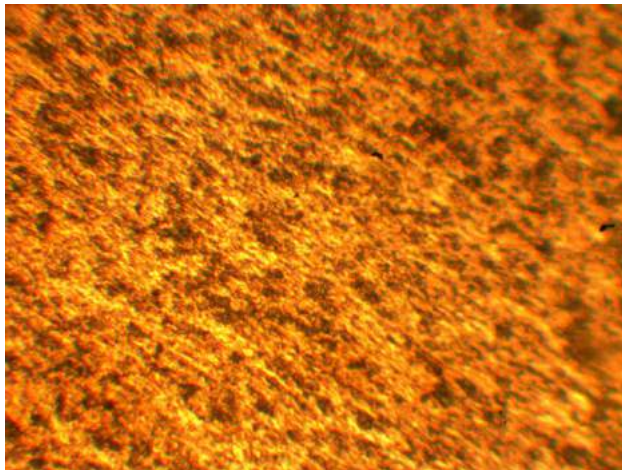
**Gambar 4.29** Foto Struktur Mikro Daerah *Weld* Pengelasan SMAW di Darat

Dari gambar diatas, spesimen yang di las dengan metode SMAW yang dilakukan di darat terdapat kristalisasi antara ferit dan perlit. Dalam foto mikro, terlihat bahwa yang berwarna hitam (gelap) adalah perlit sedangkan ferit berwarna putih. Pada saat pendinginan, austenit bertransformasi menjadi ferit. Karena ferit sedikit sekali melarutkan karbon, maka masih tersisa austenit yang nantinya bertransformasi menjadi perlit. Untuk mengetahui persentase kandungan perlit dan ferit yang ada pada gambar, perhitungannya ada di lampiran.

#### **4.6.2. Struktur Mikro pada Pengelasan SMAW di Salinitas 0‰ dan Salinitas 35‰ (Air Laut)**



**Gambar 4.30** Foto Struktur Mikro Daerah *Weld* Pengelasan SMAW di Salinitas 0‰ (Air Tawar)



**Gambar 4.31** Foto Struktur Mikro Daerah *Weld* Pengelasan SMAW di Salinitas 35‰ (Air Laut)

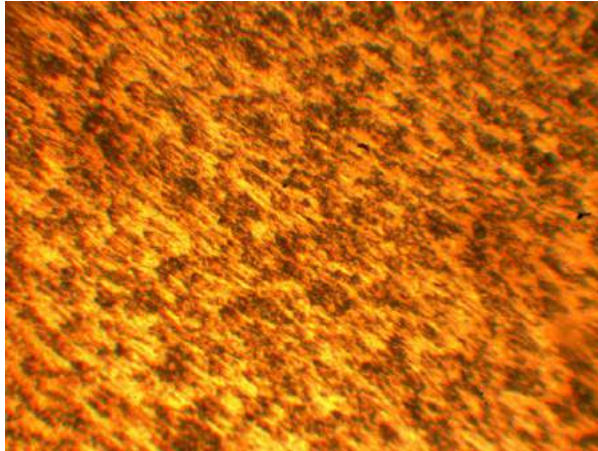
Pengelasan SMAW dibawah air, *weld metal* mengalami pencairan lalu membeku dengan cepat sehingga kesempatan butir yang mengalami pertumbuhan butir yang hebat pada waktu pencairan tidak sempat bertransformasi menjadi butir yang lebih halus karena cepatnya pendinginan yang akan terbentuknya martensit. Martensit memiliki sifat keras yang akan membuat material semakin getas.

Selain terbentuknya martensit, kristalisasi perlit dan ferit juga terbentuk. Terlihat bahwa yang berwarna hitam (gelap) adalah perlit sedangkan ferit berwarna putih (terang).



#### 4.7. Pengamatan Struktur Mikro GMAW

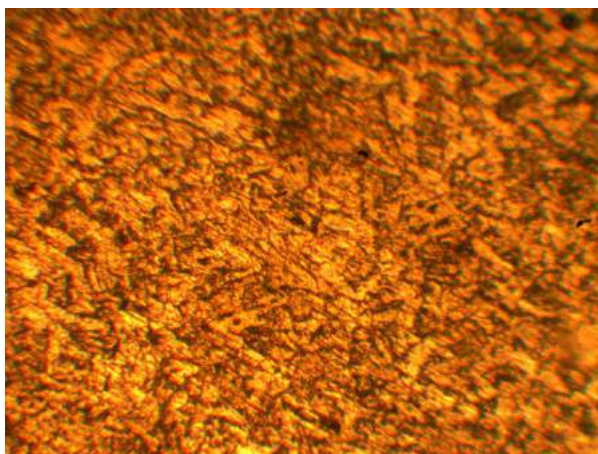
##### 4.7.1. Struktur Mikro pada Pengelasan GMAW di Darat



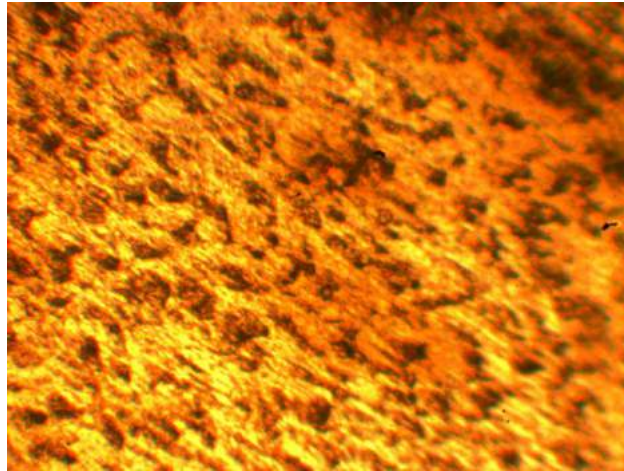
**Gambar 4.32** Foto Struktur Mikro Daerah *Weld* Pengelasan GMAW di Darat

Dari gambar diatas, specimen yang di las dengan metode GMAW yang dilakukan di darat terdapat kristalisasi antara ferit dan perlit dengan butiran kristal yang agak lebih halus dan batas butir yang lebih rapat karena pendinginan relatif normal. Dalam foto mikro, terlihat bahwa yang berwarna hitam (gelap) adalah perlit sedangkan ferit berwarna putih.

##### 4.7.2. Struktur Mikro pada Pengelasan GMAW di Salinitas 0‰ dan salinitas 35‰ (Air Laut)



**Gambar 4.33** Foto Struktur Mikro Daerah *Weld* Pengelasan GMAW di Salinitas 0‰ (Air Tawar)



**Gambar 4.34** Foto Struktur Mikro Daerah *Weld* Pengelasan GMAW di Salinitas 35‰ (Air Laut)

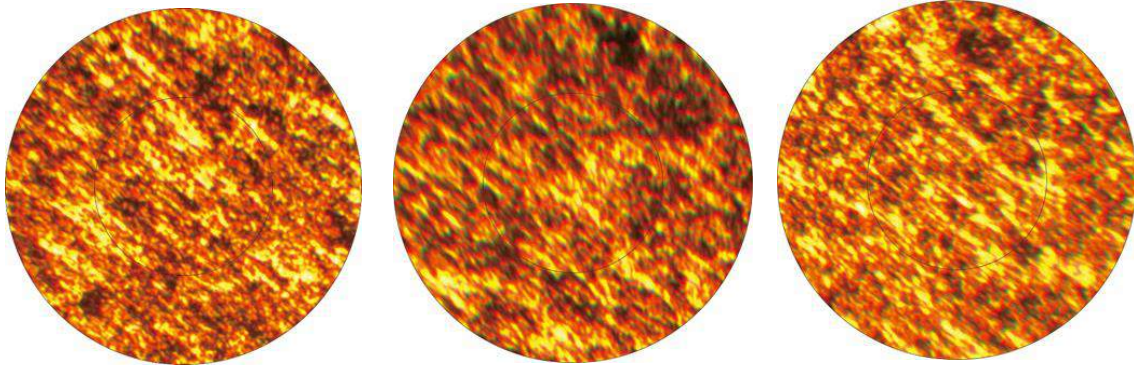
Pengelasan SMAW dibawah air, *weld metal* mengalami pencairan lalu membeku dengan cepat sehingga kesempatan butir yang mengalami pertumbuhan butir yang hebat pada waktu pencairan tidak sempat bertransformasi menjadi butir yang lebih halus karena cepatnya pendinginan yang akan terbentuknya martensit. Martensit memiliki sifat keras yang akan membuat material semakin getas.

Selain terbentuknya martensit, kristalisasi perlit dan ferit juga terbentuk. Terlihat bahwa yang berwarna hitam (gelap) adalah perlit sedangkan ferit berwarna putih (terang).

#### **4.8. Perhitungan Struktur Mikro**

Untuk lebih memastikan hasil visual dari pengujian struktur mikro dilakukan perhitungan butir fase ferit dan perlit dengan perbesaran 100x. pada hasil foto mikro dengan perbesaran 100x sebelumnya dipotong terlebih dahulu menjadi bentuk lingkaran sesuai dengan standar ASTM E 112 dengan diameter lingkaran besar 159,6 mm dan diameter lingkaran dalam sebesar 79,8 mm seperti pada **Gambar 4.35**. Pada perhitungan struktur mikro ini diambil tiga titik secara acak yang

nantinya akan dirata-ratakan sebagai hasil perhitungan banyak butir fase struktur yang berada pada setiap spesimen uji.



**Gambar 4.35** Pemotongan Gambar Untuk Perhitungan Butir Fase Struktur

Dalam foto mikro, terlihat bahwa yang berwarna gelap (hitam) adalah perlit dan yang berwarna terang (putih) adalah ferit. Dari perhitungan butir didapatkan jumlah butir ferit dan perlit yang berada didalam lingkaran kecil dan yang menyinggung lingkaran kecil. Dengan mengalikan faktor pengali dalam perhitungan struktur mikro dengan jumlah butir akan didapatkan perbandingan prosentase ferit dan perlit yang kemudian akan dirata-ratakan seperti pada **Tabel 4.17** berikut ini :

**Tabel 4.17** Hasil Perhitungan Butir Rata-rata

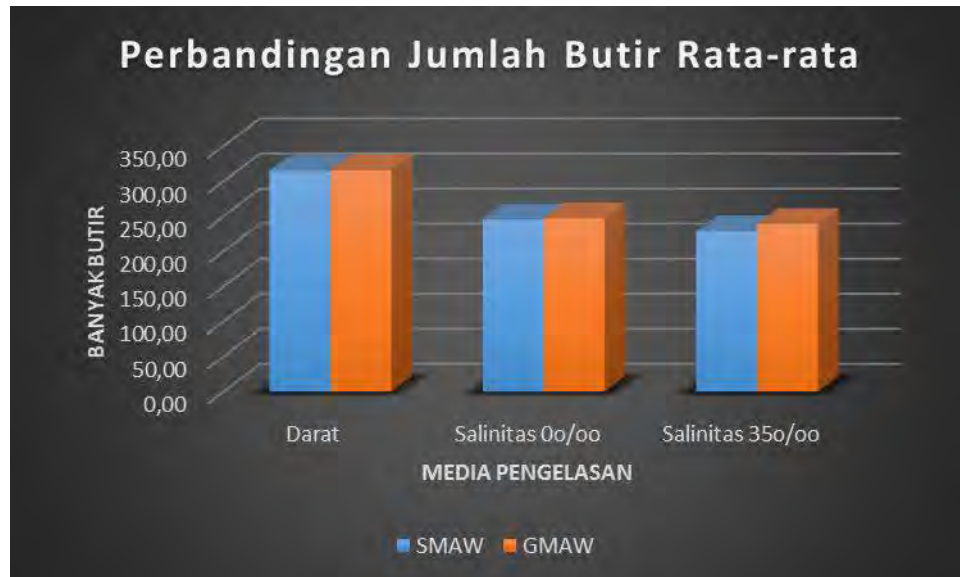
Media Pengelasan	Na		Na Total	%	
	Ferit	Perlit		Ferit	Perlit
SD	202,33	112,00	314,33	64,37	35,63
GD	191,33	124,00	315,33	60,68	39,32
SAT	132,47	112,96	245,43	53,97	46,03
GAT	128,07	119,05	247,12	51,83	48,17
SAL	119,00	109,67	228,67	52,04	47,96
GAL	104,00	134,67	238,67	43,58	56,42

Rumus Perhitungan :

$Na = f \times (n1 + (n2/2))$ , dimana :

f = faktor pengali; n1 = jumlah butir didalam lingkaran; n2 = jumlah butir yang menyinggung lingkaran.

Dalam perhitungan diatas, faktor pengali (f) yang digunakan adalah 2, karena menggunakan perbesaran 100x sesuai dengan standar ASTM E 112. Berikut ini grafik hasil banyaknya butir pada setiap media pengelasan yang berbeda, sebagai berikut :



**Gambar 4.36** Grafik Perbandingan Jumlah Butir Rata-rata pada Setiap Pengelasan yang Berbeda

Semakin banyak butir yang berada didalam lingkaran menandakan bahwa struktur pada spesimen akan semakin keras, getas, dan juga spesimen tersebut semakin kasar.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian analisis perbandingan sifat mekanik dengan metode pengelasan dan salinitas yang berbeda dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik yang dimiliki oleh pengelasan GMAW lebih besar dibandingkan dengan pengelasan SMAW pada setiap lingkungan yang berbeda. Ini dikarenakan pengelasan GMAW memiliki kualitas deposit logam yang tinggi; hasil lasan baik, *smooth*, dan *uniform*; penggunaan elektroda yang relatif tinggi; mudah dalam penggunaan. Akan tetapi, keuletan dari pengelasan yang dilakukan di bawah air lebih rendah dibandingkan dengan pengelasan yang dilakukan di darat. Ini dikarenakan terdapatnya fase ferit yang lebih sedikit dari fase perlit. Hal ini juga ditandai dengan *elongation* material yang terendah.
2. Dari data yang sudah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa nilai paling rendah terdapat pada pengelasan SMAW dan GMAW pada pengelasan di darat. Urutan nilai kekerasan dari tertinggi ke terendah sebagai berikut, pengelasan yang dilakukan pada salinitas 35‰, kemudian pada salinitas 0‰, dan terakhir pada pengelasan di darat. Ini bisa terjadi dikarenakan adanya salinitas. Seperti yang diketahui, adanya garam mengakibatkan temperatur menjadi rendah dan akhirnya kecepatan pendinginan pun menjadi tinggi yang akibatnya membuat material tersebut menjadi keras dan getas sehingga membuat keuletan dari material tersebut menjadi turun.

Pengelasan GMAW mempunyai nilai kekerasan lebih besar dibandingkan dengan pengelasan SMAW untuk setiap media pengelasan yang berbeda. Ini dikarenakan pengelasan GMAW memiliki kualitas deposit logam yang tinggi; hasil lasan baik, *smooth*, dan *uniform*; penggunaan elektroda yang relatif tinggi; mudah dalam penggunaan.

3. Dari hasil pengamatan struktur makro, didapatkan struktur yang dilas bawah air terlihat tidak sempurna jika dibandingkan dengan yang dilakukan di darat. Ini disebabkan karena pendinginan cepat disetiap *layer*-nya. Terlihat bahwa HAZ yang dilakukan di *underwater* tidak teratur dan ditandai dengan adanya *overlapping* dan *undercut* yang menggerus *base metal*. Ini disebabkan akibat dari keruhnya air dan keluar gelembung gas dipermukaan yang menyebabkan terganggunya pandangan *welder*.
4. Dari hasil hasil perhitungan struktur mikro didapatkan kesimpulan sebagai berikut :
  - a. Prosentase fase perlit terbesar pada pengelasan didarat terdapat pada metode GMAW sebesar 39,32%.
  - b. Prosentase fase perlit terbesar pada pengelasan dengan salinitas 0‰ terdapat pada metode GMAW sebesar 48,17%.
  - c. Prosentase fase perlit terbesar pada pengelasan dengan salinitas 35‰ terdapat pada metode GMAW sebesar 56,42%.

## 5.2. Saran

1. Pada tugas akhir ini dilakukan pengelasan dengan metode SMAW dan GMAW pada lingkungan darat, air tawar (salinitas 0‰), dan air laut (35‰). Untuk penelitian selanjutnya dengan material yang berbeda.
2. Pengelasan bawah air agar dilakukan pada kondisi *welder* berada didalam air dengan peralatan yang memadai.
3. Supaya dilanjutkan lagi untuk melakukan pengujian lainnya seperti uji korosi, uji *impact*, uji *bending*, dan sebagainya.
4. Dengan *groove* atau ampere yang bervariasi lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASME section IX. 2001. **"Qualification Standard For Welding And Brazing Procedures, Welders, Brazers, And Welding And Brazing Operators"**. New York: The American Society of Mechanical Engineers New York.
- AWS. (2004). **American Welding Society**, Miami-Florida: American Welding Society.
- Bradley, GR., James, MN. 2000. "Geometry and Microstructure of Metal Inert Gas and Friction Stir Welded Alloy". 5383-H321".
- Feelus, P. 2000. **Journal Noordhoek Offshore BV**: "Underwater Welding Explained-Wet Welding". UCI.
- Giachino, J. (1976). **Welding Skills and Practices**. Chicago: American Technical Society.
- Hudaya, Ervan Harya. 2008. Skripsi: *Pengaruh Underwater Welding Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Weld Joint Material Baja Di Lingkungan Laut*. Surabaya. ITS Surabaya.
- Japanese Standards Association. 1984. JIS Hand Book, Ferrous Metals and Metallurgy.
- Joshi, A. 2000. Underwater Welding. Mechanical Engineering Department. Indian Institute of Technology. *Journal Research Fellow*.
- Musaikan, H. (2002). **Diktat Teknik Las**. Jurusan Teknik Mesin. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



Muvidah, Umi. 2008. Skripsi: *Pengaruh Jenis Proses Las dan Salinitas Terhadap Sifat Mekanik Weld Joint Material Baja Pada Underwater Welding Di Lingkungan Laut*. Surabaya. ITS Surabaya.

U.S. Navy. (2002). **Underwater Cutting and Welding Manual**. USA: Direction of Commander, Naval Sea System Command.

Widharto, S. (2001). **Petunjuk Kerja Las**. Cetakan keempat. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.

Wirjosumarto, H. (1996). **Teknologi Pengelasan Logam**. Cetakan Ketujuh. Jakarta PT. Pradnya Paramita.

## LAMPIRAN A

### Data Hasil Uji Tarik

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA					
LABORATORIUM UJI BAHAN					
Shape: Plate					
	Thickness	Width	Gauge Length		
Units	mm	mm	mm		
S1a	10	12,32	59,85		
Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S1a	123,2	39,51	320,698	54,38	441,4
Name	Elongation				
Units	%				
S1a	20,83				

The graph displays a tensile test curve for a material. The vertical axis represents Force in kilonewtons (kN), ranging from 0 to 80 with major grid lines every 8 units. The horizontal axis represents Stroke in millimeters (mm), ranging from 0 to 30 with major grid lines every 3 units. The curve begins at the origin (0,0) and remains at zero force until approximately 4 mm of stroke. It then rises steeply, passing through a yield point (YP) at approximately (10, 56) kN. The curve continues to rise, reaching a maximum force (Max) at approximately (19, 72) kN. After the maximum, the force decreases as the stroke increases, ending at a fracture point at approximately (26, 52) kN.

Stroke (mm)	Force (kN)	Point Label
0	0	Origin
10	56	YP (Yield Point)
19	72	Max (Maximum Force)
26	52	Fracture Point

Comment
Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)
Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan
Material : A 36
Proses Las : SMAW (Darat)
Referensi : -

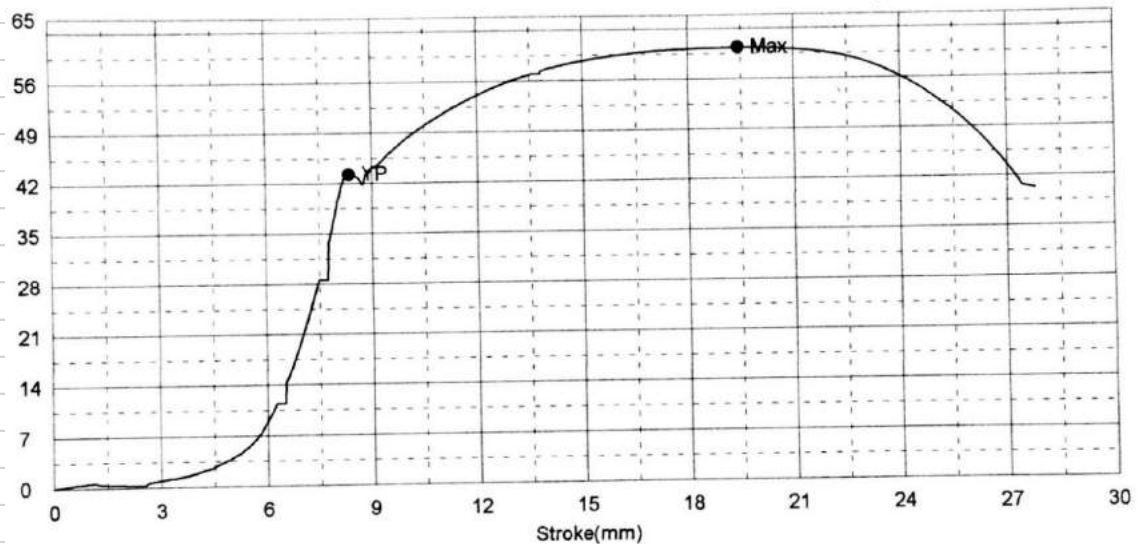
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S1b	10	12,52	58,83

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S1b	125,2	41,46	331,15	55,67	444,65

Name	Elongation
Units	%
S1b	21,89



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Darat)

Referensi : -

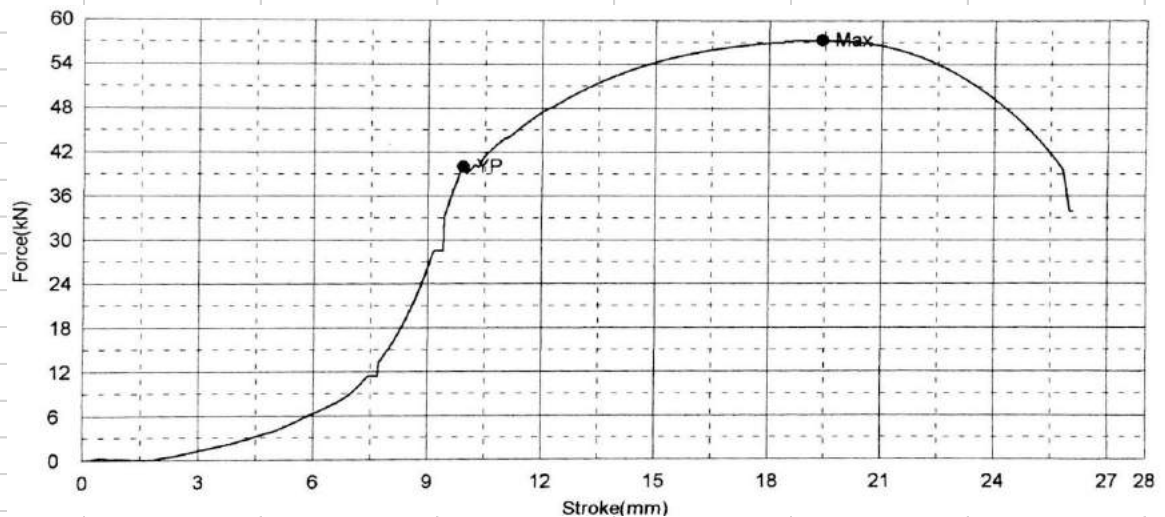
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S1c	10	12,82	60,21

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S1c	128,2	40,11	312,87	57,98	452,26

Name	Elongation
Units	%
S1c	26,23



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Darat)

Referensi : -

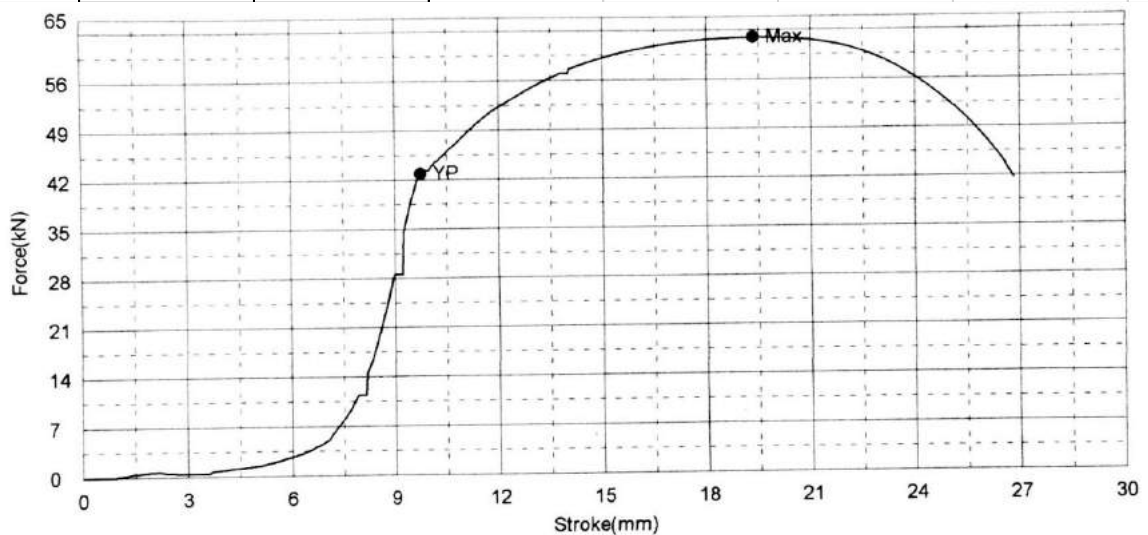
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S2a	10	12,15	60,27

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S2a	121,5	49,66	408,72	58,81	484,03

Name	Elongation
Units	%
S2a	10,13



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Air Tawar)

Referensi : -

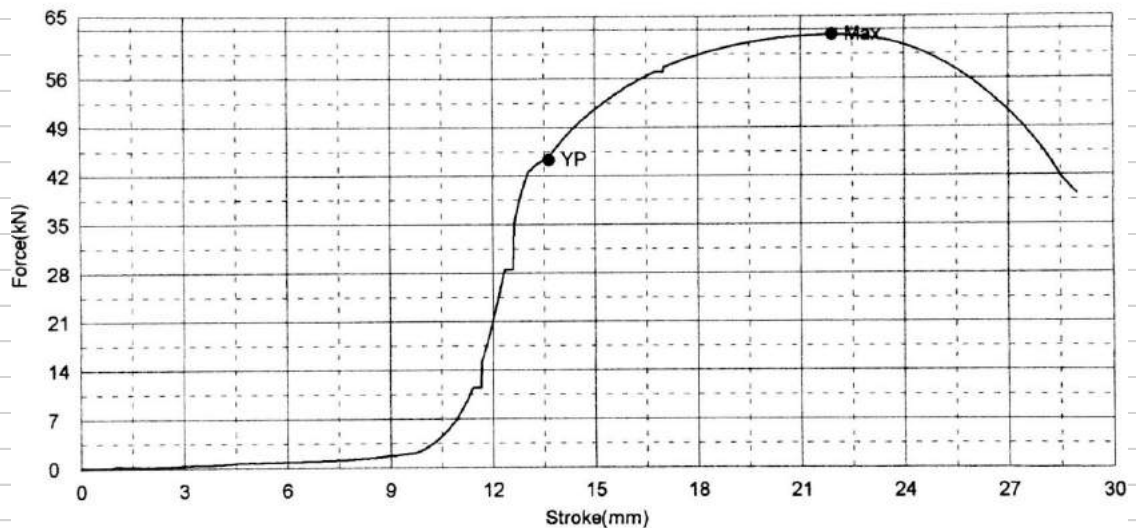
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S2b	10	12,8	60,37

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S2b	128	42,97	334,703	57,54	449,53

Name	Elongation
Units	%
S2b	23,98



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Air Tawar)

Referensi : -

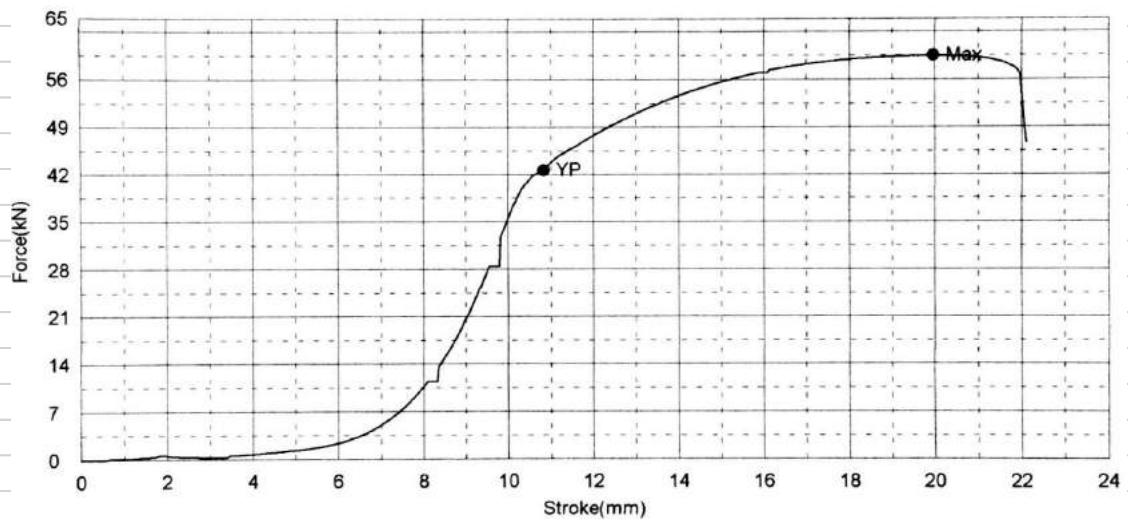
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S2c	10	12,85	60,32

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S2c	128,5	44,32	344,902	60,72	472,53

Name	Elongation
Units	%
S2c	26,33



Comment  
Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Air Tawar)

Referensi : -

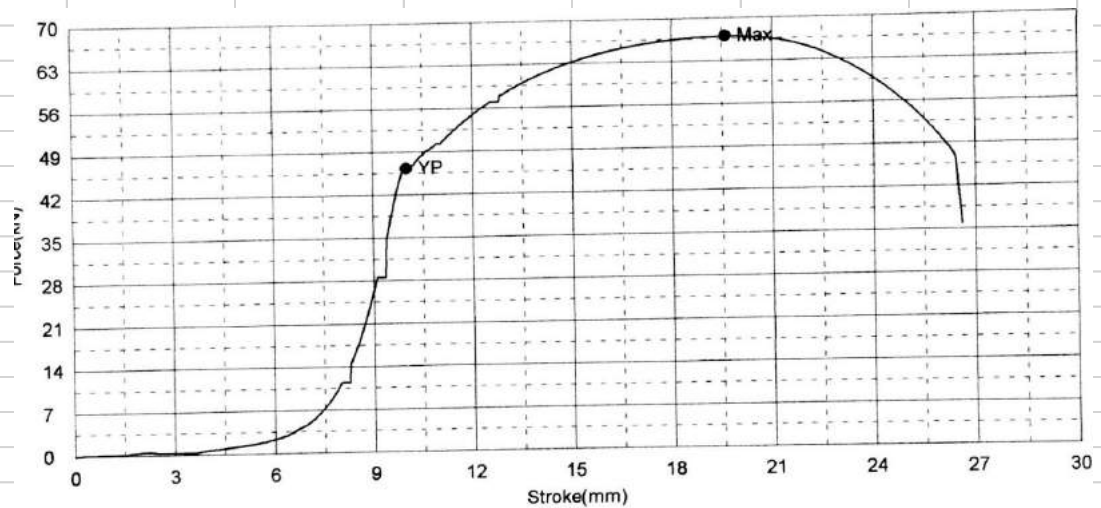
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S3a	10	12,75	58,73

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S3a	127,5	46,43	364,156	61,27	480,55

Name	Elongation
Units	%
S3a	18,16



Comment  
Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Air Laut)

Referensi : -



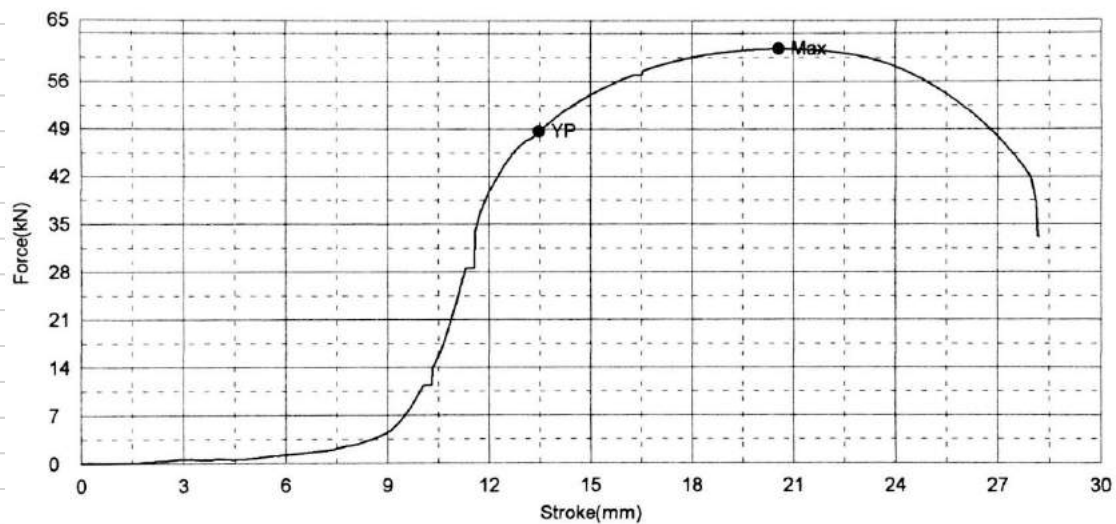
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S3b	10	12,787	62,17

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S3b	127,87	45,12	352,858	62,07	485,41

Name	Elongation
Units	%
S3b	16,12



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Air Laut)

Referensi : -

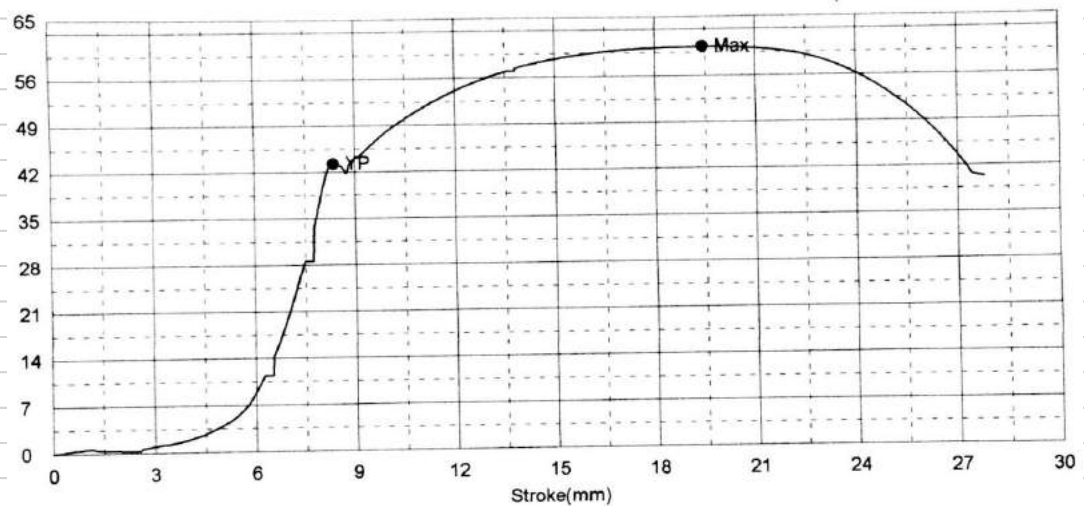
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
S3c	10	12,85	60,23

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
S3c	128,5	47,76	371,673	60,72	472,53

Name	Elongation
Units	%
S3c	15,08



Comment  
Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : SMAW (Air Laut)

Referensi : -

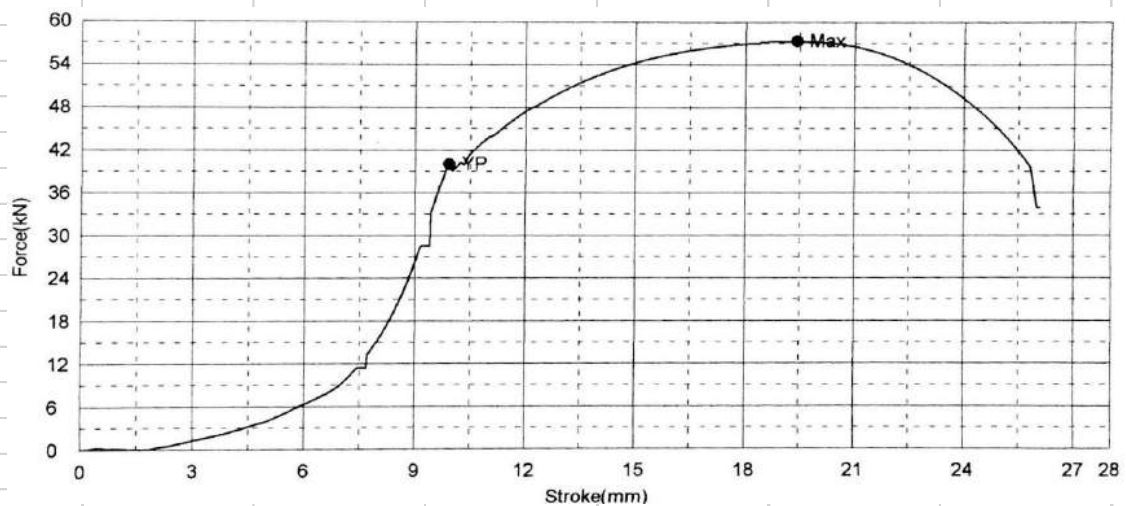
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G1a	10	12,32	58,91

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G1a	123,2	42,01	340,99	59,45	482,55

Name	Elongation
Units	%
G1a	22,32



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : GMAW (Darat)

Referensi : -

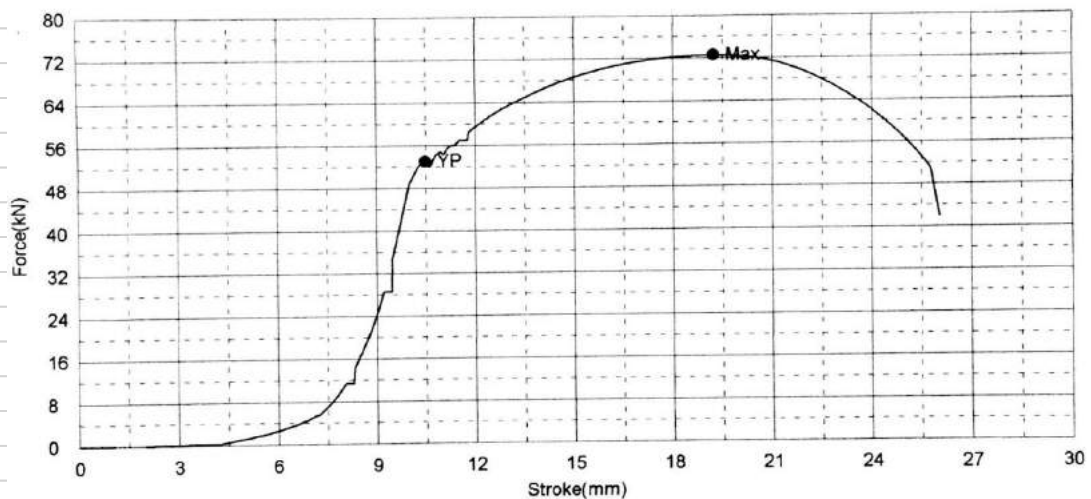
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G1b	10	12,64	58,41

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G1b	126,4	42,87	339,161	60,21	476,34

Name	Elongation
Units	%
G1b	21,52



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : GMAW (Darat)

Referensi : -

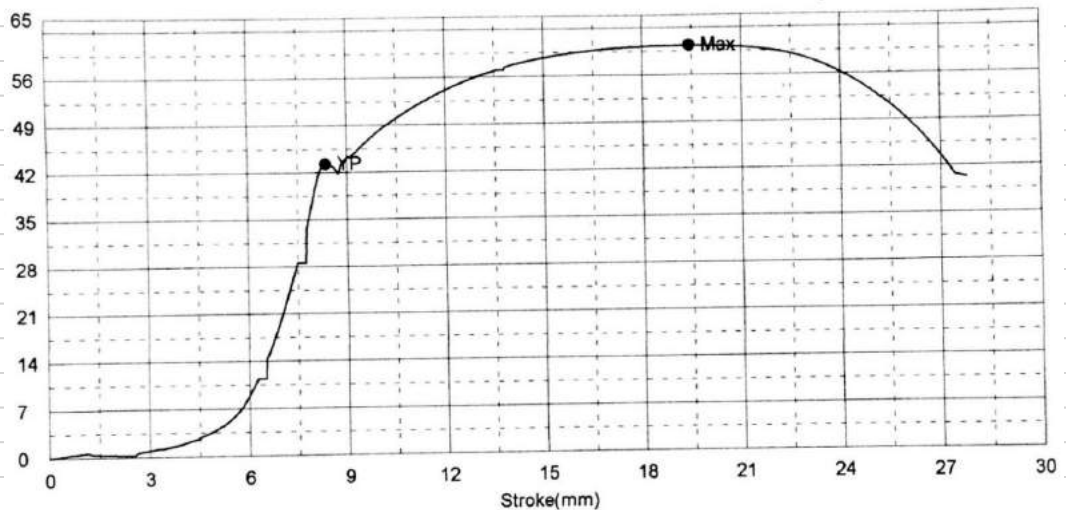
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G1c	10	12,82	59,82

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G1c	128,2	44,65	348,283	58,77	452,77

Name	Elongation
Units	%
G1c	22,76



Comment  
 Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan  
 Material : A 36  
 Proses Las : GMAW (Darat)  
 Referensi : -

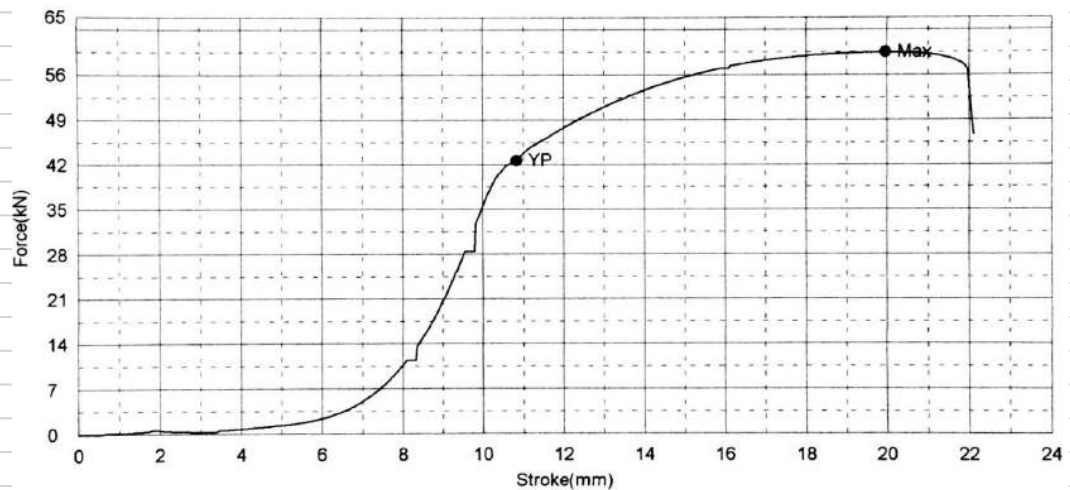
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G2a	10	12,94	59,8

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G2a	129,4	51,52	398,145	61,1	472,18

Name	Elongation
Units	%
G2a	16,12



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : GMAW (Air Tawar)

Referensi : -

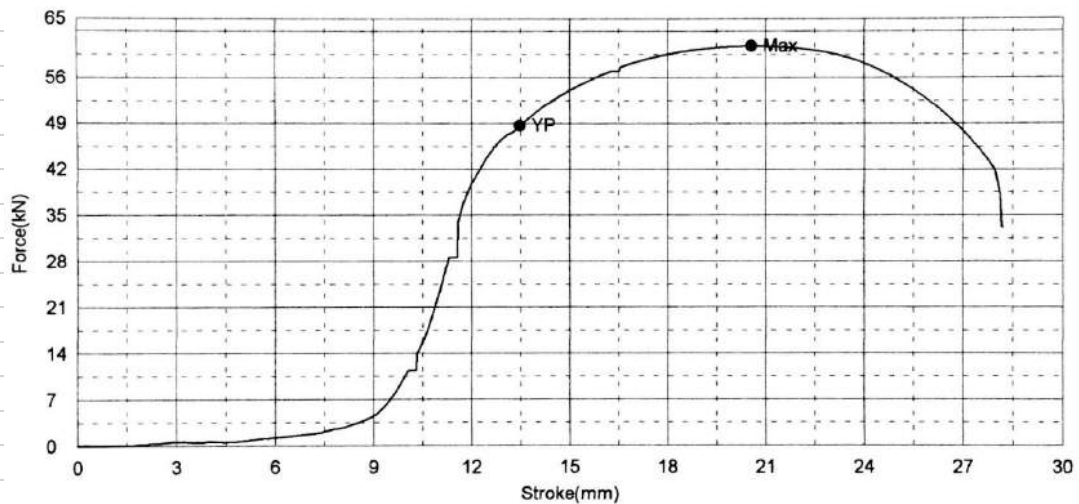
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G2b	10	12,84	59,95

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G2b	128,4	44,97	350,234	61,78	481,15

Name	Elongation
Units	%
G2b	15,22



Comment  
Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan  
Material : A 36  
Proses Las : GMAW (Air Tawar)  
Referensi : -

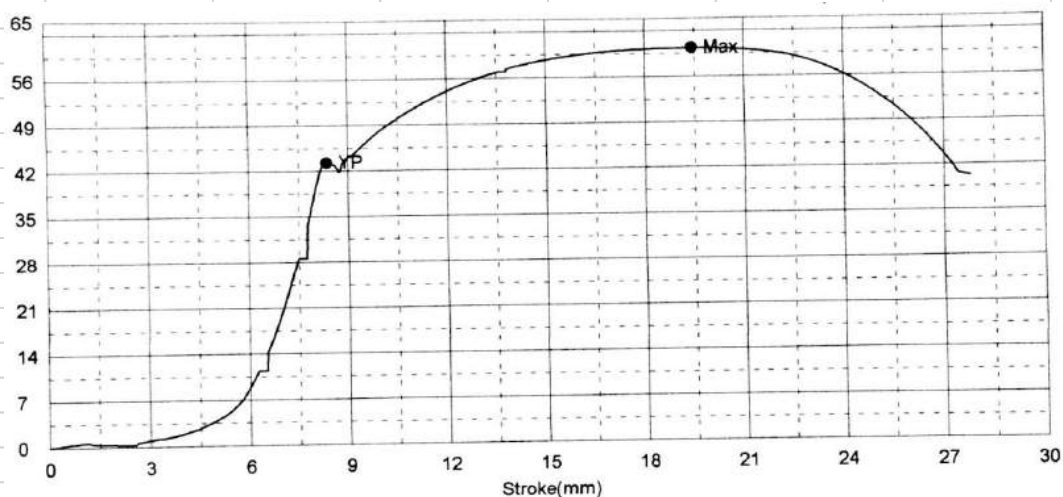
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G2c	10	12,98	59,9

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G2c	129,8	44,71	344,453	62,34	480,28

Name	Elongation
Units	%
G2c	17,68



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : GMAW (Air Tawar)

Referensi : -



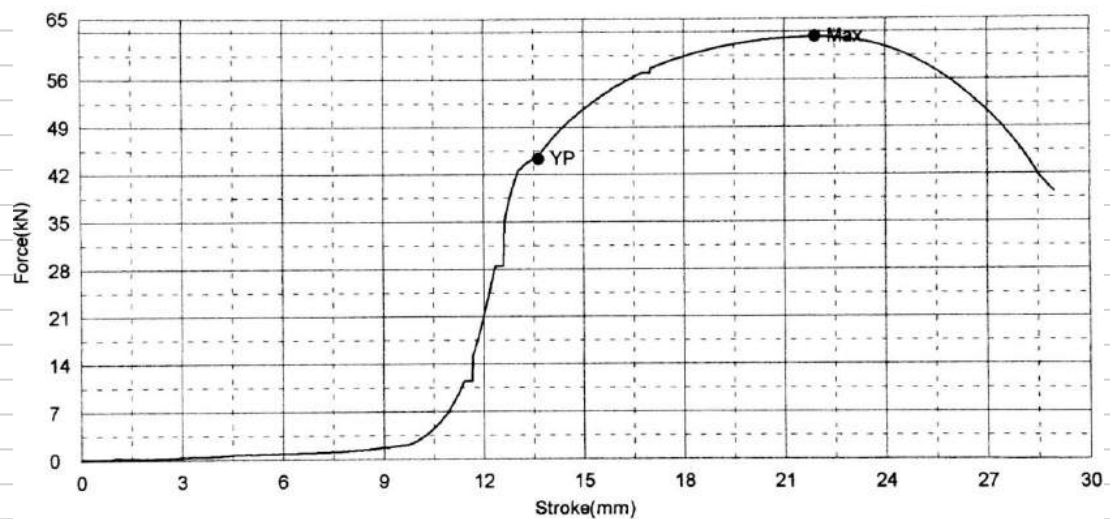
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G3a	10	13,52	60,38

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G3a	135,2	47,54	351,627	66,99	495,49

Name	Elongation
Units	%
G3a	9,81



Comment  
Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : GMAW (Air Laut)

Referensi : -

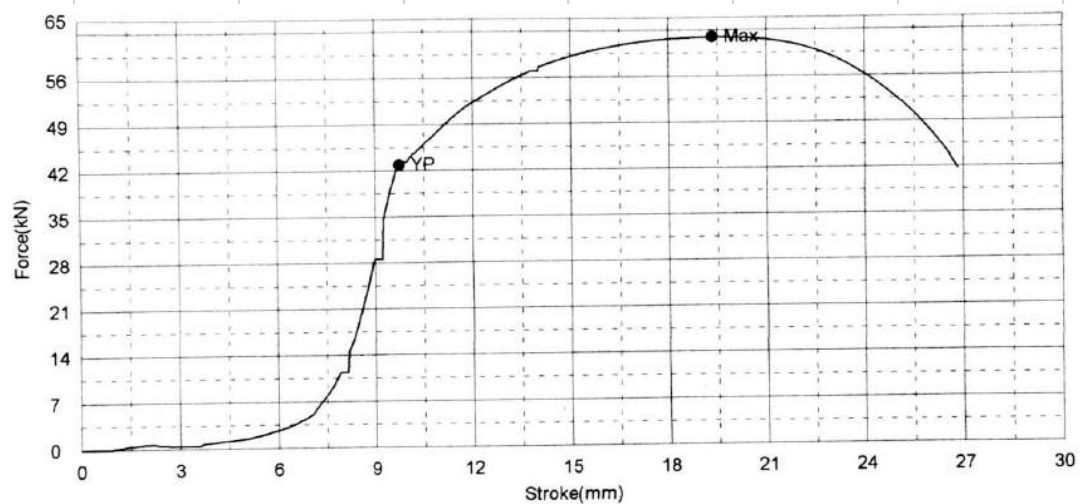
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G3b	10	13,64	60,55

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G3b	136,4	44,98	329,765	65,97	483,65

Name	Elongation
Units	%
G3b	12,37



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan

Material : A 36

Proses Las : GMAW (Air Laut)

Referensi : -

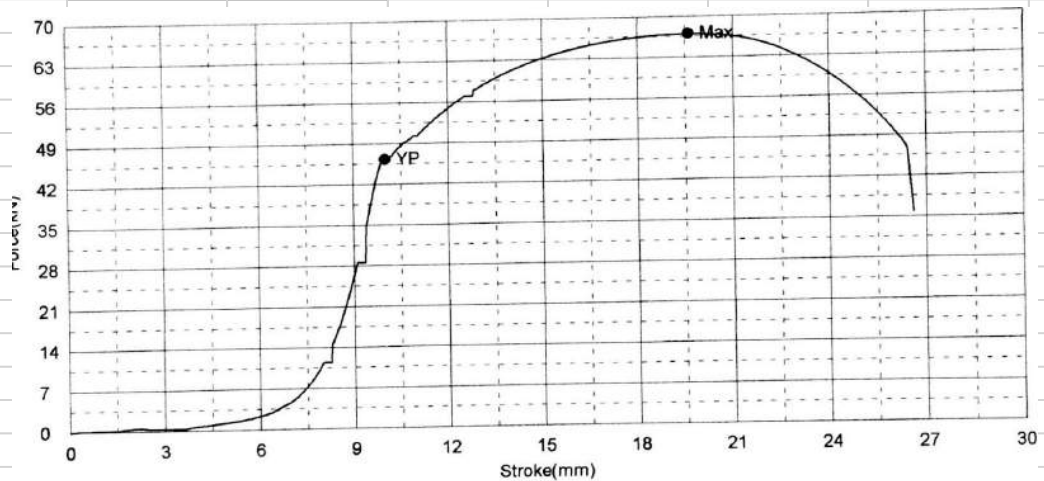
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
G3c	10	13,18	60,58

Name	Area	Yield Force	Yield Stress	Max Force	Max Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm <sup>2</sup>	kN	Mpa	kN	Mpa
G3c	131,8	48,42	367,375	63,47	417,115

Name	Elongation
Units	%
G3c	6,61



Comment  
Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan / Instansi: Sdr. Kelvin, Teknik Kelautan  
Material : A 36  
Proses Las : GMAW (Air Laut)  
Referensi : -

## LAMPIRAN B

### Data Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

Indeks Kekerasan Hasil SMAW di Darat

No.	top	middle	root
-14	163,624	165,236	170,152
-12	164,827	162,565	160,373
-10	173,808	176,855	168,742
-8	183,698	186,662	188,088
-6	197,720	196,633	200,606
-4	196,437	196,841	203,634
-2	184,429	189,790	187,621
0	189,443	187,307	191,345
2	185,796	192,480	186,559
4	189,827	191,159	189,167
6	202,682	204,163	200,918
8	189,203	189,136	195,443
10	176,329	175,215	173,638
12	170,339	167,479	170,698
14	164,315	162,488	164,592

Indeks Kekerasan Hasil SMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)

No.	top	middle	root
-14	158,21	156,72	159,02
-12	171,60	172,26	170,03
-10	173,81	173,42	172,04
-8	192,78	190,43	168,67
-6	255,05	206,98	194,04
-4	211,78	230,66	222,38
-2	168,65	184,97	188,70
0	190,62	189,20	201,98
2	174,68	182,32	240,43
4	219,73	181,21	190,93
6	257,43	240,43	189,00
8	189,20	193,24	191,42
10	173,64	178,74	173,21
12	171,94	175,58	169,49
14	158,33	165,54	172,19

Indeks Kekerasan Hasil SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

No.	top	middle	root
-14	166,249	162,623	165,849
-12	171,604	156,249	154,352
-10	173,808	173,811	167,264
-8	192,783	187,568	182,806
-6	229,808	221,783	203,630
-4	196,437	208,411	196,822
-2	184,429	171,823	177,289
0	196,020	175,542	179,824
2	185,796	171,653	174,570
4	196,950	184,526	182,002
6	224,620	216,740	187,948
8	189,203	193,245	210,757
10	173,638	176,462	176,931
12	173,164	169,098	158,196
14	167,126	167,482	162,631

Indeks Kekerasan Hasil GMAW di Darat

No.	top	middle	root
-14	163,624	163,624	165,187
-12	164,827	167,697	162,292
-10	173,808	173,230	175,266
-8	183,698	184,591	192,642
-6	197,720	196,633	197,755
-4	196,437	203,023	204,421
-2	184,429	189,790	182,439
0	189,443	189,055	192,485
2	185,796	197,027	188,687
4	196,950	197,632	202,270
6	202,682	204,288	206,472
8	189,203	195,555	200,851
10	173,638	173,996	176,663
12	173,164	172,543	176,488
14	167,126	174,440	170,493

Indeks Kekerasan Hasil GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)

No.	top	middle	root
-14	158,213	161,616	156,963
-12	171,604	172,375	175,074
-10	173,808	177,716	182,675
-8	189,441	192,986	197,906
-6	204,193	202,581	199,579
-4	211,781	225,352	230,382
-2	168,648	174,344	178,717
0	190,618	183,859	186,981
2	174,677	182,318	191,910
4	219,728	181,208	186,148
6	213,427	215,760	209,081
8	189,203	187,510	193,147
10	173,638	177,433	173,394
12	171,940	170,985	167,184
14	158,331	168,233	165,898



Indeks Kekerasan Hasil GMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

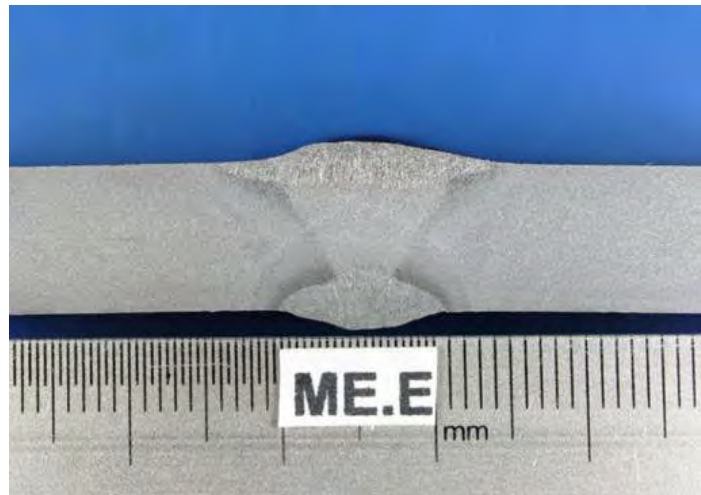
No.	top	middle	root
-14	158,213	164,148	159,478
-12	176,357	172,204	166,971
-10	177,995	177,731	172,387
-8	189,441	192,786	189,666
-6	215,039	211,611	204,657
-4	190,142	204,879	186,853
-2	184,306	178,056	174,019
0	190,618	181,635	176,309
2	180,154	182,461	176,954
4	190,004	221,443	213,206
6	223,841	190,330	199,619
8	192,869	186,131	183,106
10	173,638	174,146	176,289
12	171,940	172,239	175,237
14	158,331	170,752	165,850

### Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

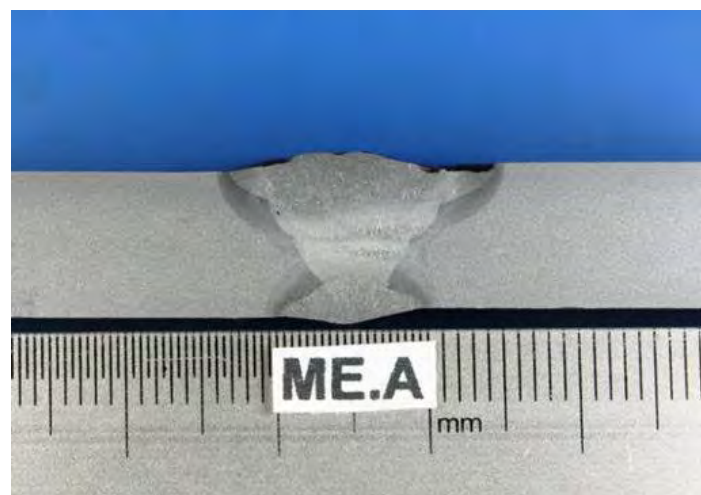


## LAMPIRAN C

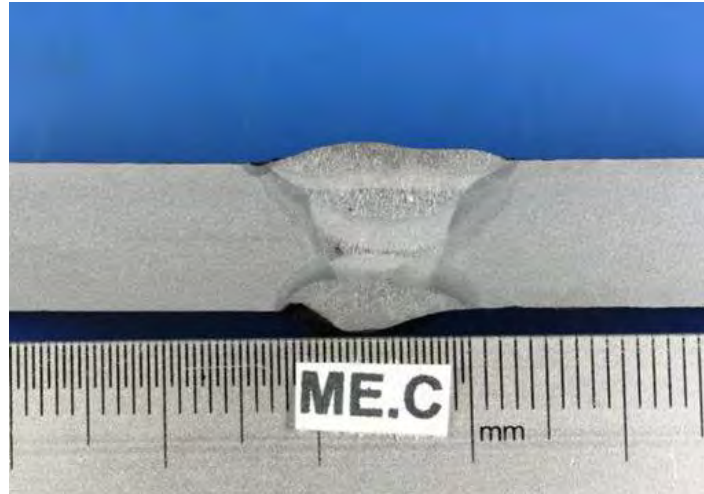
### Data Hasil Pengamatan Struktur Makro



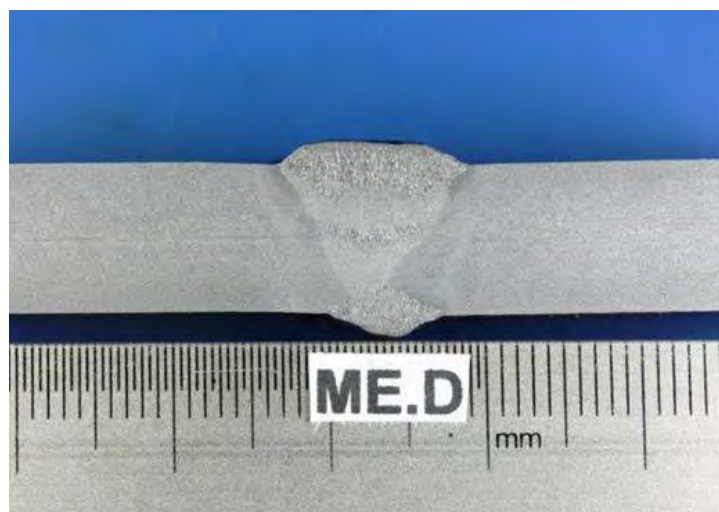
**Gambar C-1.** Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Darat



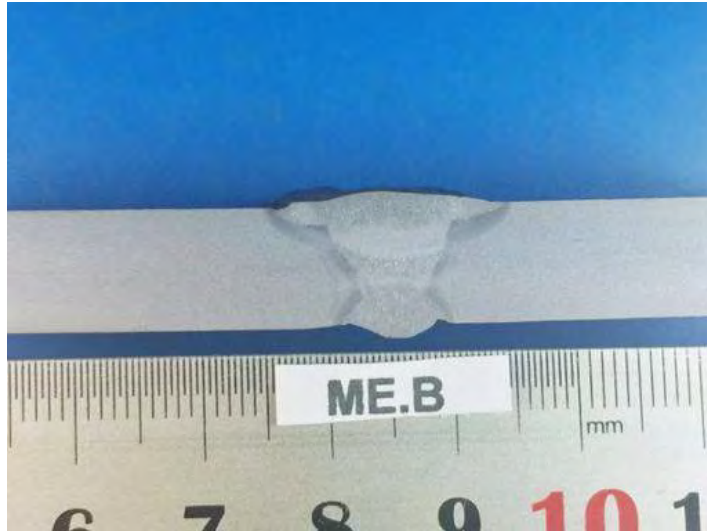
**Gambar C-2.** Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)



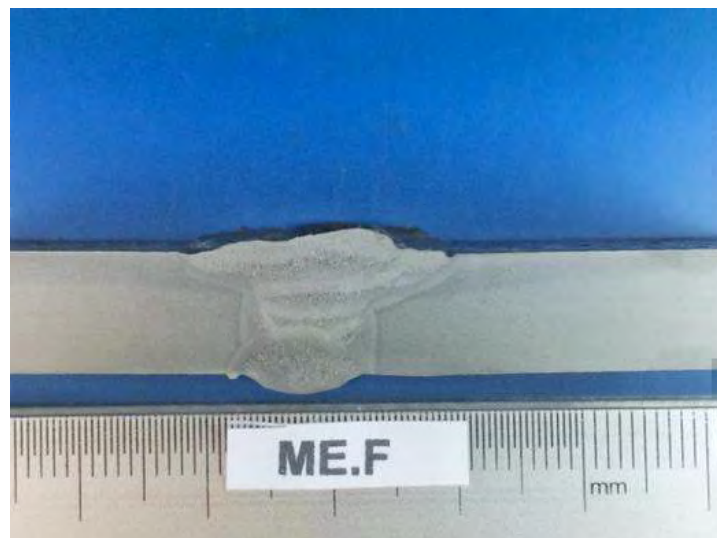
**Gambar C-3.** Foto Struktur Makro pada Pengelasan SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)



**Gambar C-4.** Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Darat



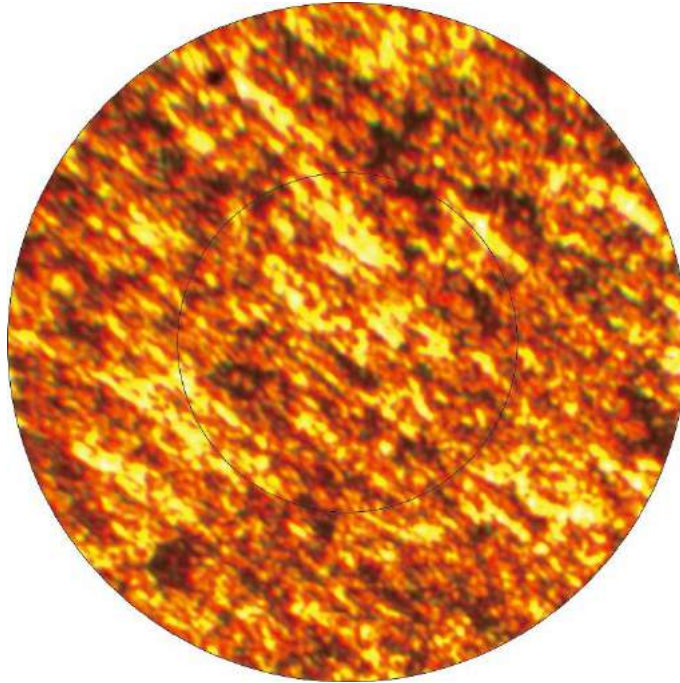
**Gambar C-5.** Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)



**Gambar C-6.** Foto Struktur Makro pada Pengelasan GMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

## LAMPIRAN D

### Data Hasil Perhitungan Prosentase Struktur Mikro



**Gambar C-7.** Foto Struktur Mikro di Daerah *Weld* pada Pengelasan SMAW di Darat

No. Spesimen	No. Gambar	posisi	ferit	perlit	Na		Na Total	%		Rata-rata	
					Ferit	perlit		Ferit	Perlit	Ferit	Pearlit
SD	6,1	n1	110	48	242	118	360	67,22	32,78	64,11	35,89
		n2	22	22							
	6,2	n1	70	42	156	95	251	62,15	37,85		
		n2	16	11							
	6,3	n1	92	51	209	123	332	62,95	37,05		
		n2	25	21							

Keterangan :

n1 = Jumlah butir didalam lingkaran

n2 = jumlah butir menyinggung lingkaran

M = Pembesaran 100

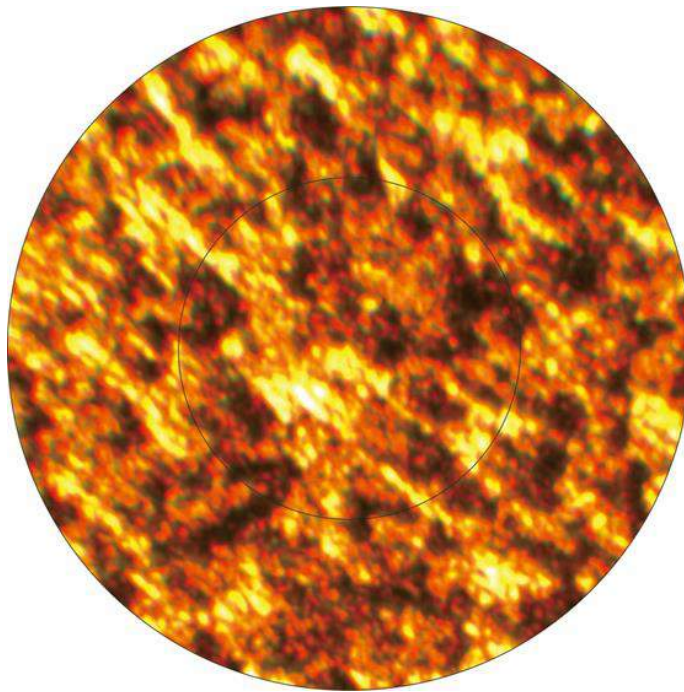
f = factor pengali pada *table Jefferies*

f = 2

Na = Jumlah butir

$$Na = f \cdot (n1 + (n2/2))$$





**Gambar C-8.** Foto Struktur Mikro di Daerah *Weld* pada Pengelasan SMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)

No. Spesimen	No. Gambar	posisi	ferit	perlit	Na		Na Total	%		Rata-rata	
					Ferit	perlit		Ferit	Perlit	Ferit	Pearlit
SAT	5,1	n1	59	28	132	70	202	65,35	34,65	56,75	43,25
		n2	14	14							
	5,2	n1	21	20	51	50	101	50,50	49,50		
		n2	9	10							
	5,3	n1	38	28	80	67	147	54,42	45,58		
		n2	4	11							

Keterangan :

n1 = Jumlah butir didalam lingkaran

n2 = jumlah butir menyinggung lingkaran

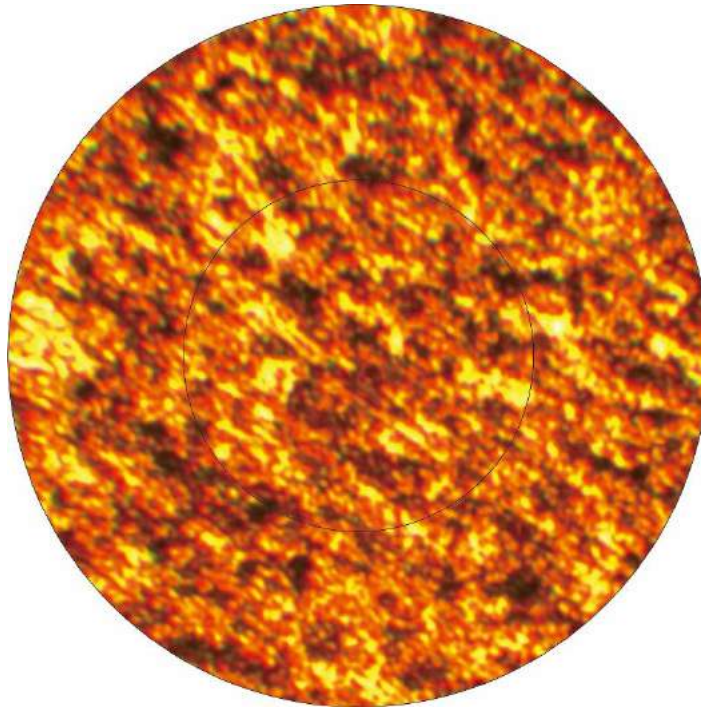
M = Pembesaran 100

f = factor pengali pada *table Jefferies*

f = 2

Na = Jumlah butir

$$Na = f \cdot (n1 + (n2/2))$$



**Gambar C-9.** Foto Struktur Mikro di Daerah *Weld* pada Pengelasan SMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

No. Spesimen	No. Gambar	posisi	ferit	perlit	Na		Na Total	%		Rata-rata	
					Ferit	perlit		Ferit	Perlit	Ferit	Pearlit
SAL	4,1	n1	51	54	125	126	251	49,80	50,20	52,16	47,84
		n2	23	18							
	4,2	n1	53	47	121	107	228	53,07	46,93		
		n2	15	13							
	4,3	n1	50	39	111	96	207	53,62	46,38		
		n2	11	18							

Keterangan :

n1 = Jumlah butir didalam lingkaran

n2 = jumlah butir menyinggung lingkaran

M = Pembesaran 100

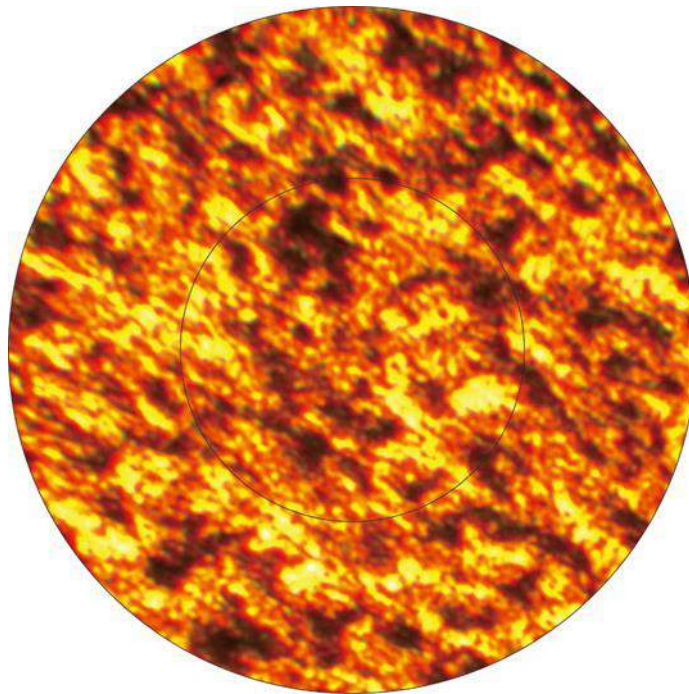
f = factor pengali pada *table Jefferies*

f = 2

Na = Jumlah butir

Na =  $f \cdot (n1 + (n2/2))$





**Gambar C-10.** Foto Struktur Mikro di Daerah *Weld* pada Pengelasan GMAW di Darat

No. Spesimen	No. Gambar	posisi	ferit	perlit	Na		Na Total	%		Rata-rata	
					Ferit	perlit		Ferit	Perlit	Ferit	Pearlit
GD	3,1	n1	97	45	225	109	334	67,37	32,63	60,63	39,37
		n2	31	19							
	3,2	n1	78	66	174	151	325	53,54	46,46		
		n2	18	19							
	3,3	n1	75	47	175	112	287	60,98	39,02		
		n2	25	18							

Keterangan :

n1 = Jumlah butir didalam lingkaran

n2 = jumlah butir menyinggung lingkaran

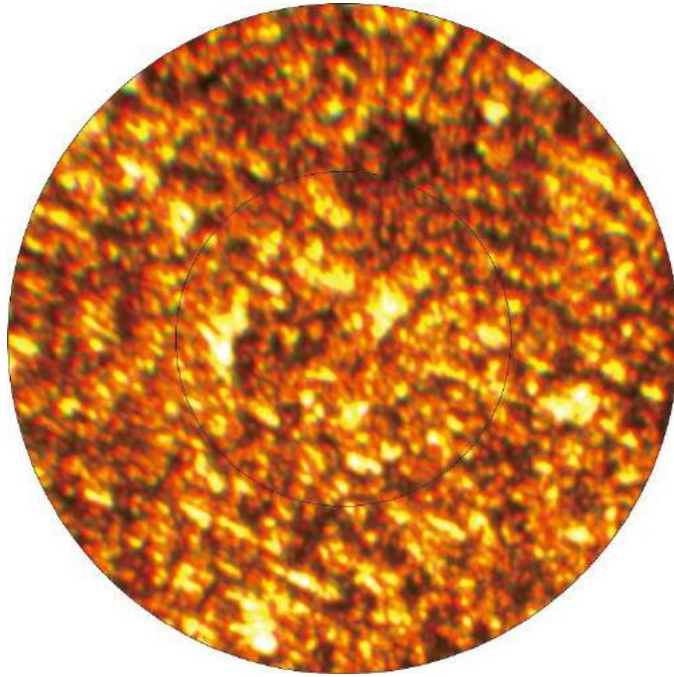
M = Pembesaran 100

f = factor pengali pada *table Jefferies*

f = 2

Na = Jumlah butir

$Na = f \cdot (n1 + (n2/2))$



**Gambar C-11.** Foto Struktur Mikro di Daerah *Weld* pada Pengelasan GMAW di Air Tawar (Salinitas 0‰)

No. Spesimen	No. Gambar	posisi	ferit	perlit	Na		Na Total	%		Rata-rata	
					Ferit	perlit		Ferit	Perlit	Ferit	Pearlit
GAT	2,1	n1	104	51	226	128	354	63,84	36,16	56,86	43,14
		n2	18	26							
	2,2	n1	90	60	198	139	337	58,75	41,25		
		n2	18	19							
	2,3	n1	54	54	119	129	248	47,98	52,02		
		n2	11	21							

Keterangan :

n1 = Jumlah butir didalam lingkaran

n2 = jumlah butir menyinggung lingkaran

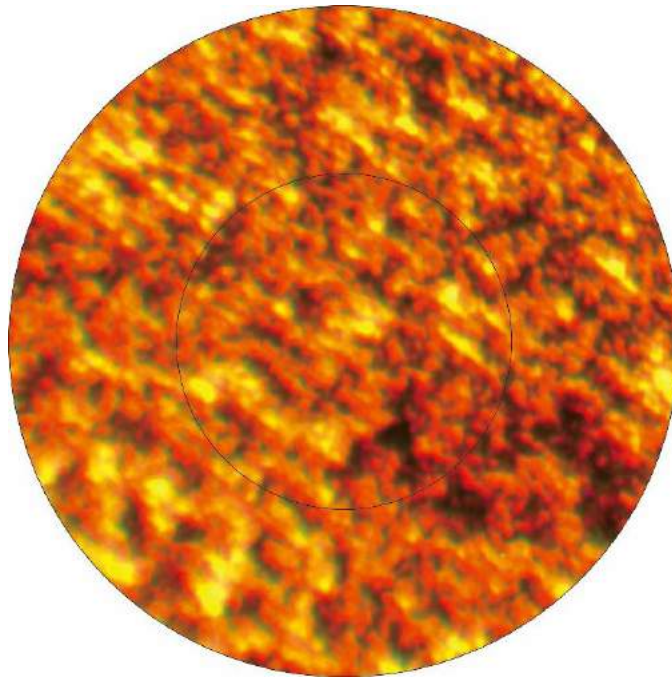
M = Pembesaran 100

f = factor pengali pada *table Jefferies*

f = 2

Na = Jumlah butir

$$Na = f \cdot (n1 + (n2/2))$$



**Gambar C-12.** Foto Struktur Mikro di Daerah *Weld* pada Pengelasan GMAW di Air Laut (Salinitas 35‰)

No. Spesimen	No. Gambar	posisi	ferit	perlit	Na		Na Total	%		Rata-rata	
					Ferit	perlit		Ferit	Perlit	Ferit	Pearlit
GAL	1,1	n1	54	70	120	164	284	42,25	57,75	43,49	56,51
		n2	12	24							
	1,2	n1	22	36	70	94	164	42,68	57,32		
		n2	26	22							
	1,3	n1	54	64	122	146	268	45,52	54,48		
		n2	14	18							

Keterangan :

n1 = Jumlah butir didalam lingkaran

n2 = jumlah butir menyinggung lingkaran

M = Pembesaran 100

f = factor pengali pada *table Jefferies*

f = 2

Na = Jumlah butir

Na =  $f \cdot (n1 + (n2/2))$

## LAMPIRAN E

### PERALATAN PENELITIAN



**Gambar E1.** Mesin Las  
GMAW



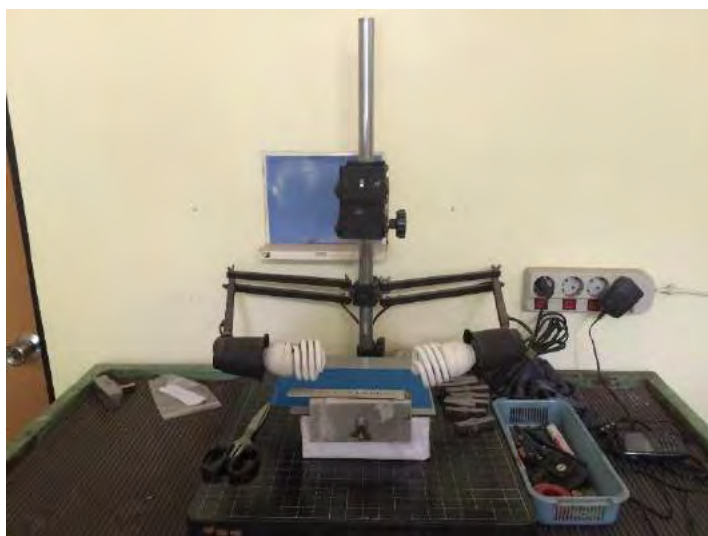
**Gambar E2.** Mesin Las  
SMAW



**Gambar E3.** Alat Uji Kekerasan Vickers



**Gambar E4.** Alat Uji Pengamatan Struktur Mikro



**Gambar E5.** Alat Uji Pengamatan Struktur Makro





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
LABORATORIUM WELDING CENTER**

Jl. Teknik Kimia – Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

www.ppns.ac.id

**Name** : Kelvin Oktalda  
**Welding Procedure** : No. 01 Date, 6 – 9 – 2015  
**Welding Process(es)** : GMAW  
**Joint Design (QW-402)** : Butt Joint  
**Groove** : Single V  
**Base Metal (QW-403)** : A 36 / t: 10 mm  
**Filler Metals (QW-404)** : ER 70 S – 6 diameter 1,2 mm  
**Positions (QW-405)** : 1G  
**GAS (es)** : Argon Flow Rate : 15 – 20  
**Technique** : String or Weave

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt	Travel
		Class	Dia	Polarity	Ampere	Range	Speed
1	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	57 detik
2	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	68 detik
3	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	65 detik
4	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	70 detik



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
LABORATORIUM WELDING CENTER**

JL. Teknik Kimia – Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

www.ppns.ac.id

**Name** : Kelvin Oktalda  
**Welding Procedure** : No. 02 Date, 6 – 9 – 2015  
**Welding Process(es)** : GMAW  
**Joint Design (QW-402)** : Butt Joint  
**Groove** : Single V  
**Base Metal (QW-403)** : A 36 / t: 10 mm  
**Filler Metals (QW-404)** : ER 70 S – 6 diameter 1,2 mm  
**Positions (QW-405)** : 1G  
**GAS (es)** : Argon Flow Rate : 15 – 20  
**Technique** : String or Weave

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt	Travel
		Class	Dia	Polarity	Ampere	Range	Speed
1	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	65 detik
2	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	79 detik
3	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	75 detik



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
LABORATORIUM WELDING CENTER**

JL. Teknik Kimia – Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

[www.ppns.ac.id](http://www.ppns.ac.id)

**Name** : Kelvin Oktalda  
**Welding Procedure** : No. 03 Date, 6 – 9 – 2015  
**Welding Process(es)** : GMAW  
**Joint Design (QW-402)** : Butt Joint  
**Groove** : Single V  
**Base Metal (QW-403)** : A 36 / t: 10 mm  
**Filler Metals (QW-404)** : ER 70 S – 6 diameter 1,2 mm  
**Positions (QW-405)** : 1G  
**GAS (es)** : Argon Flow Rate : 15 – 20  
**Technique** : String or Weave

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt	Travel
		Class	Dia	Polarity	Ampere	Range	Speed
1	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	67 detik
2	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	74 detik
3	GMAW	ER70S-6	1,2 mm	DCEP	100-120	21 - 23	78 detik





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
LABORATORIUM WELDING CENTER**

JL. Teknik Kimia – Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

[www.ppns.ac.id](http://www.ppns.ac.id)

---

**Name** : Kelvin Oktalda  
**Welding Procedure** : No. 01 Date, 22 – 9 – 2015  
**Welding Process(es)** : SMAW  
**Joint Design (QW-402)** : Butt Joint  
**Groove** : Single V  
**Base Metal (QW-403)** : A 36 / t: 10 mm  
**Filler Metals (QW-404)** : E6013 diameter 2,6 mm  
**Positions (QW-405)** : 1G

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt	Travel
		Class	Dia	Polarity	Ampere	Range	Speed
1	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	60 - 90	22 - 24	67 detik
2	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	85 - 125	23 - 25	72 detik
3	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	85 - 125	23 - 25	80 detik



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
LABORATORIUM WELDING CENTER**

JL. Teknik Kimia – Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

[www.ppns.ac.id](http://www.ppns.ac.id)

**Name** : Kelvin Oktalda  
**Welding Procedure** : No. 02 Date, 22 – 9 – 2015  
**Welding Process(es)** : SMAW  
**Joint Design (QW-402)** : Butt Joint  
**Groove** : Single V  
**Base Metal (QW-403)** : A 36 / t: 10 mm  
**Filler Metals (QW-404)** : E6013 diameter 2,6 mm  
**Positions (QW-405)** : 1G

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt	Travel
		Class	Dia	Polarity	Ampere	Range	Speed
1	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	60 - 90	22 - 24	65 detik
2	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	85 - 125	23 - 25	70 detik
3	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	85 - 125	23 - 25	82 detik



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
LABORATORIUM WELDING CENTER**

JL. Teknik Kimia – Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

[www.ppns.ac.id](http://www.ppns.ac.id)

---

**Name** : Kelvin Oktalda  
**Welding Procedure** : No. 03 Date, 22 – 9 – 2015  
**Welding Process(es)** : SMAW  
**Joint Design (QW-402)** : Butt Joint  
**Groove** : Single V  
**Base Metal (QW-403)** : A 36 / t: 10 mm  
**Filler Metals (QW-404)** : E6013 diameter 2,6 mm  
**Positions (QW-405)** : 1G

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt	Travel
		Class	Dia	Polarity	Ampere	Range	Speed
1	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	60 - 90	22 - 24	66 detik
2	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	85 - 125	23 - 25	71 detik
3	SMAW	E 6013	2,6 mm	DCEP	85 - 125	23 - 25	82 detik



**LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA  
TELEPON (031) 594 8886, FAX. (031) 592 8387**

---

**DATA ANALISA AIR**

**Dikirim Oleh : Sdr. Kelvin**  
**Dikirim Tanggal : 14 Desember 2015**  
**Sampel Dari : Larutan Uji Las**

No	Kode Sampel	Hasil Analisa Salinitas (‰)
1	I	34,67
2	II	36,42
Metode Analisis		Salinometer

Surabaya, 15 Desember 2015  
Laboratorium Kualitas Lingkungan  
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS


Catatan :  
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami









Examined By,	Reviewed/Witnessed By,	Reviewed/Witnessed By,	Reviewed/Witnessed By,
 NDT Level II Date: 18-11-2015			

## BIODATA PENULIS



Kelvin Oktalda dilahirkan di Jakarta, DKI Jakarta pada tanggal 08 Oktober 1992 dari pasangan Bapak Dela Ponandar dan Ibu Lilis Suharti. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SDN Johar Baru 01 Pagi Jakarta pada tahun 2004 dan SMP Negeri 1 Jakarta pada tahun 2007. Kemudian menyelesaikan jenjang Pendidikan Menengah Atas di SMA Negeri 3 Jakarta pada tahun 2011. Setelah

lulus penulis melanjutkan Pendidikan Perguruan Tinggi yang mana penulis di diterima di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis sangat aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan dan kepanitiaan, juga dalam berbagai pelatihan, seminar, dan kegiatan lainnya. Penulis juga pernah menjadi anggota Unit Kegiatan Mahasiswa, seperti tenis dan selam. Penulis sempat menempuh 1 bulan (Januari - Februari 2015) Kerja Praktek di PT.McDermott Indonesia, Batam, Kepulauan Riau dan juga 1 bulan lainnya (Agustus – September 2015) Kerja Praktek di Mitraartha Gema Pertiwi, Surabaya. Selama masa studi, penulis sangat tertarik dengan bidang pengelasan, maka dari itu penulis mengambil topik “Analisis Perbandingan Sifat Mekanik Lasan Smaw Dan Gmaw Pada Plat Baja A36 Pada Lingkungan Air Laut, Air Tawar, Dan Darat” sebagai judul tugas akhir.